ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 JANVIER 1917.

PRÉSIDENCE DE M. A. D'ARSONVAL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome 161 (1915, second semestre) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Un nouveau deuil vient de frapper notre Compagnie. Le général **Bassot** est mort le 17 janvier et avant-hier l'Académie lui rendait les derniers devoirs.

Notre Confrère a été l'un des représentants les plus méritants du Service géographique de l'armée.

C'est en 1870 qu'il y fut introduit sur la demande de notre regretté Confrère le général Perrier dont il devait rester le collaborateur et devenir, en 1888, le continuateur.

L'œuvre magistrale du général Perrier a consisté dans la réalisation du programme géodésique adopté en 1869 par le maréchal Niel, savoir : 1° une nouvelle mesure de la méridienne de France; 2° la jonction de l'Espagne avec l'Algérie; 3° la triangulation de la méridienne d'Alger à Laghouat.

Cette œuvre a nécessité 18 années de travaux sur le terrain et a pu être achevée l'année même de la mort de son organisateur en 1888.

Pendant ces 18 années, Bassot a été le fidèle et savant collaborateur du général Perrier, il a été associé à tous ses travaux.

La nouvelle chaîne méridienne de la frontière d'Espagne à Dunkerque comprend environ 90 stations; c'est Bassot qui a fait les observations azimutales dans près de la moitié de ces postes. Il a été en outre chargé de déterminer à nouveau la latitude du Panthéon qui est le point fondamental de la méridienne.

C'est lui qui, en 1884, a mesuré la chaîne d'Alger à Laghouat par une nouvelle méthode très expéditive qui lui a permis de réaliser en 56 jours l'exécution d'un arc de près de 4°. Cette chaîne prolonge la méridienne de France sur le territoire algérien.

En 1879, Bassot a pris part également à la jonction géodésique et astronomique de l'Espagne avec l'Algérie. Il occupait l'un des quatre sommets du quadrilatère de jonction, celui de Filhaoussen près de la frontière du Maroc. Cette grandiose opération a fait époque dans les annales de la Géodésie. La station de Filhaoussen mit à une rude épreuve l'endurance de notre Confrère, car Bassot resta à son poste durant 53 jours avant d'apercevoir les signaux optiques des stations espagnoles.

Le géodésien doit être en même temps astronome pour déterminer et vérifier astronomiquement les positions géographiques. C'est ainsi que Bassot fut appelé à mesurer vingt-deux différences de longitudes et presque autant de latitudes et azimuts.

En 1882, il fit partie de la mission envoyée en Floride pour l'observation du passage de Vénus sur le Soleil. Il y observa les différentes phases du passage à l'équatorial et détermina la latitude de la station.

L'Académie récompensa l'ensemble de ces travaux en admettant leur auteur dans son sein en 1893.

Le général Bassot a eu la direction du Service géographique de 1898 à 1903. Il y a marqué son passage par le renouvellement des approvisionnements de guerre avec des cartes des derniers types. Il a amorcé également la constitution de la carte au $\frac{1}{50000}$ par la réalisation des neuf cartes des environs de Paris qui sont appréciées à l'égal de celles du même type donnant les environs de Nancy, Toul, etc.

La réfection de la méridienne de France entraînait celle de l'arc du Pérou. Bassot posa la question à l'Association géodésique internationale qui décida que le privilège de procéder à cette nouvelle mesure revenait à la France. L'Académie des Sciences fut saisie et le Service géographique chargé de l'exécution de l'œuvre. Comme directeur de ce Service, Bassot eut la responsabilité de toute la préparation de cette entreprise qui fut confiée au commandant Bourgeois.

Depuis 1903 Bassot était président de l'Association géodésique internationale. Cette Association a rendu à la science les plus grands services. C'est elle notamment qui a donné naissance au Comité international du Mètre qui a tant fait pour la diffusion du système métrique.

Enfin depuis 1904 Bassot a dirigé l'Observatoire de Nice; il a assuré sa vie scientifique le plus activement possible avec le faible personnel dont il dispose. Il y a réorganisé le Service d'Astrophysique créé par Thollon; l'Observatoire de Nice a pu rendre ainsi de grands services en envoyant une mission en Espagne pour observer l'éclipse totale de Soleil le 30 août 1905. Tels sont, à grands traits, les principaux actes de la vie scientifique de notre regretté Confrère. En prenant Bassot comme collaborateur, en le désignant pour continuer son œuvre, vous estimerez avec moi que le général Perrier s'est montré une fois de plus un grand chef.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Les premières réunions savantes de Paris au* XVIIe *siècle. — L'Académie de Montmor* (¹). Note (²) de M. **G. Bigourdan**.

On ignore à quelle époque prirent fin les réunions qui se tenaient chez M. de Montmor; mais elles avaient lieu encore en 1663, car alors il était question de modifier leur règlement, ainsi qu'il ressort d'un curieux discours que Sorbière y prononça alors, véritable histoire *critique* de cette Académie, et dont nous allons donner un long extrait. Ce discours (³) est imprimé sans nom d'auteur; mais, outre que l'attribution ne peut faire de doute, dans le manuscrit 485, il est accompagné d'une lettre d'envoi à Colbert signée et très explicite.

DISCOURS prononcé le 3 d'Avril 1663. *A l'ouverture de l'Academie des Physiciens, qui s'assemblent tous les Mardis chez Monsieur de Montmor.*

Messieurs, L'ouverture de ceste Assemblée, à laquelle Vous venés avec dessein d'en renouveller les reglemens, et la liberté que Vous m'y avés donnée, de Vous représenter ce que je crois estre de son utilité, m'invitent à Vous entretenir en peu de mots sur ce que Vous allés faire; afin que Vous ne Vous relaschiés point de vos bonnes intentions.

(¹) Voir page 129 de ce volume.

(²) Séance du 8 janvier 1917.

(³) *Biblioth. Nat.*, Manuscrits, *Cinq Cents Colbert*, n° 485, f°s 441 ...; *imp.* in-4° de 8 pages.

Nous pouvons dire, Messieurs, à l'advantage de ceste Assemblée, qu'Elle est la Mere de toutes celles qui se sont formées depuis sa naissance dans ce Royaume, en Angleterre, ou dans les Païs-bas, et qui ont le mesme desir que nous avons d'avancer la science des choses naturelles, ou de perfectionner les Arts Liberaux, et les Mechaniques. C'est sur le plan qui fut dressé ceans en l'an 1657. ou sur une partie de nostre projet, que l'on travaille aujourd'huy ailleurs; il est certain que notre Illustre Moderateur a le premier excité dans Paris les Estudes que nous cultivons, la curiosité de connoistre plus particulierement les œuvres de Dieu, et le desir de porter plus avant l'industrie des hommes, deux genres de choses que beaucoup de gens d'esprit, que la pluspart des gens de Lettres, et presque toutes les personnes de qualité negligeoient auparavant.

Il ne reste plus à souhaiter pour sa gloire, et pour l'utilité publique, si ce n'est qu'il face passer plus avant une si noble entreprise, qu'elle devienne celle des Souverains; Et qu'il ayt le mesme bon-heur que le grand Galilée, *qui primus in Physicis, omnino nugari desiit* (comme dit un de nos amis) le Maistre de tous les Physiciens modernes qui ont parlé raisonnablement, le premier qui a tiré hors de page ceste science, et qui en a esté le restaurateur; non seulement par les belles choses qu'il nous a enseignées, mais parce qu'il a inspiré aux Princes de Toscane l'amour de la Physique, à laquelle ils s'appliquent fort heureusement. Il y a à espérer que ce bon-heur arrivera quelque jour à M. de Montmor, et il est à presumer que peut-être mesme la France n'enviera pas long-temps aux Estrangers leurs rares inventions. Le Roy est jeune; il a l'âme grande, et il a desia commencé de favoriser quelques-uns de nos Artisans, les Peintres, et les Architectes; qui sont une considerable partie des ouvriers sur lesquels les Physiciens doivent avoir l'œil, et que l'Academie generale dont nous avons fait le projet ceans, embrasse dans la vaste estendue qu'Elle se propose.

Cependant, Messieurs, ce ne fust pas sans beaucoup de circonspection, que les personnes sçavantes et judicieuses, que Monsieur de Montmor appella pour consulter avecque luy sur l'establissement de cette docte Assemblée, dresserent quelques loix, et firent quelques reglemens, par l'exacte observation desquels Elle peut-estre renduë utile, agréable, et de longue durée. Nos sages Legislateurs, regardans invariablement à ces trois choses, creurent qu'ils arriveroient à leur but, en donnant occasion à chacun d'employer son talent, en establissant l'ordre, et en ayant égard à ce qui estoit de la portée des personnes privées, qui ne se doivent pas incommoder pour faire des experiences, quoy qu'elles puissent tourner à l'utilité publique. Dans ceste vuë, on ne destourna personne de suivre son genie; on laissa à chacun la liberté d'apporter ses expériences; on exhorta les plus laborieux et les plus industrieux à en faire, on les prefera à tout autre entretien; et on trouvera bon aussi, afin que la Compagnie ne chommat point, et que on profitat des estudes, des pensées, et du commerce les uns des autres, que l'on se communiquat les nouvelles de science que l'on recevroit de divers endroits; et que l'on se divertit par des discours polis, doctes, et bien raisonnés sur des matieres Physiques, qui seules estoient de nostre juridiction.

Tandis, Messieurs, que nous nous assemblasmes avec cest esprit, les Conferences se passerent d'une agreable maniere. Il fut dit ceans d'excellentes choses; Il y fust

mesme fait plusieurs belles expériences; Et quand une matiere y avoit esté agitée en deux ou trois séances, il sembloit que l'on y avoit épuisé toute la subtilité humaine : De sorte que nous eussions pû pretendre à y devenir les legitimes arbitres de toutes les questions curieuses ; et les resultats de nos scavans entretiens eussent esté sans doute autant d'oracles rendus sur toutes les disciplines. Et ce fut aussi pendant ces bons intervalles que nostre Assemblée attira sur Elle les yeux de toute l'Europe, qu'elle eust l'honneur de recevoir des complimens de celle de Londres, qui toute Royale qu'Elle est dès sa première institution envoya faire des civilités à la nostre ; que celle de Florence nous consulta sur ses experiences; que les Curieux nous vindrent visiter de toutes parts; et que certaines personnes, qui estoient alors tres puissantes, aspirerent à la gloire de prendre nostre protection, et de fournir aux frais de nos experiences.

Mais, MESSIEURS, me permettrrés vous de le dire, nostre concert ne dura pas long-temps, et bien tost apres nostre premier establissement il y eust de la dissonance. Le mal vint de ce qu'on eust un peu trop d'indulgence pour certains esprits, qui s'estimerent devoir estre au dessus des loix que nous avions establies; et il fut reconnu un peu trop tard, qu'il valoit mieux se priver de leur lumiere, que de l'admettre au préjudice de tous nos reglemens : car par là nous nous rendismes inutile le sçavoir et le genie de tous les autres, qui furent comme estouffés sous les torrents de paroles, qui ont souvent inondé ceste Assemblée. Combien de fois avons nous veu ceans deux hommes qui ne sont plus, deux esprits aussi penetrants et judicieux qu'il y en eust de ma connoissance, deux disciples de M. Hobbes et deux copies de Bacon, le scavant M. du Prat, et l'agreable M. du Bosc s'en retourner sans avoir dit un seul mot; parce que deux autres avoient amusé infructueusement trois heures entieres ceste compagnie, comme s'il n'y avoit qu'eux qui eussent quelque chose de bon à dire. Certes, MESSIEURS, il vaudroit mieux tomber dans la secheresse de discours. que de permettre une telle abondance; et n'estre qu'un petit nombre de personnes, qui ne prennent jamais la parole hors de leur rang, ou que par l'ordre du Moderateur, que de continuer dans une telle confusion. Elle fait honte à de si nobles estudes; car ce n'est presque qu'en celles de la Physique que je la vois regner, et par tout ailleurs on s'écoute et on laisse parler ceux qui ont commencé à dire quelque chose. Il semble qu'en ceste matiere l'on a peur de perdre les moindres pensées qui surviennent, si on ne les produit tout incontinent; ou que l'on abhorre le silence et la reflexion, comme la plus dangereuse chose du monde, et la plus ruineuse à la reputation d'un honneste homme. Quoy, ne peut-on pas parler quelquesfois en soy mesme, et est-il toujours besoin de de faire sçavoir tout ce que l'on pense? Ceste vérité est-elle si bien establie, que tout ce que l'on scait est fort inutile, si l'on ignore que nous le scavons; car c'est de là que viennent les fréquentes interruptions, et les actions de mespris que font ceux qui écoutent impatiemment les autres; *qui non scire cupiunt* (dit un venerable Autheur) *ut sciant, sed ut sciantur*. Il semble que dans une Academie telle que la nostre, ceux qui y prenent la parole à leur tour se doivent souvenir, qu'ils parlent à des personnes consommées dans les sciences, qui ont la plus-part veu le monde depuis long-temps, et qui meritent d'estre écoutées. On ne vient pas ceans pour enseigner, mais pour apprendre les uns des autres; et je n'ay jamais oüy dire, que ceux qui scavent quelque chose, la sceussent moins en ne la disant pas; au lieu qu'il est très-asseuré,

que ceux qui ne font que parler se privent bien souvent de plusieurs connoissances qu'ils pourroient acquerir des autres, s'ils leur permettoient de les leur communiquer.

On eust bien pû remedier à ce desordre, et l'altercation eust esté interdite dès le commencement, si elle n'eust esté fomentée peut-estre par deux sortes de personnes qui ont eu interest à la conserver. Car il y a (je ne pretends, Messieurs, offencer nommement personne, et il n'y a que ceux qui se reconnoistront dans le crayon que je vay faire, qui se puissent plaindre de ce que j'ay à dire). Il y a eü, dis-je, dans ceste Assemblée de certaines personnes, dont la politique luy a esté fort prejudiciable, et qui par une complaisance contraire aux bons desseins ont applaudi tousiours au party qui paroissoit le plus fort, ou qui prevaloit en quelque maniere. Comme ces gens-là ne sont venus ceans que pour y tüer le temps, et y acquerir de l'estime, ils se sont mis peu en peine de l'avancement des connoissances qu'on y recherche; et ils ont esté bien ayse qu'il y eust d'autres qu'eux qui tinssent le dé, qui y formassent des disputes pires que celles de l'Escole, et qui y excitassent des tempestes, tandis qu'ils demeuroient en repos; parce qu'à la fin du combat les champions estant recreus, ils s'entremettoient pour les separer, jugeoient des coups, donnoient la palme à qui bon leur sembloit, et s'ingeroient de decider du fond des choses; où ils rencontroient la gloire qu'ils cherchoient d'estre estimés les arbitres des scavans. Je ne trouve pas mauvais qu'ils allassent adroitement à leurs fins; mais cela ne nous doit pas destourner de la nostre; et c'est à quoy nous avons d'oresenavant à prendre garde.

Il y a eü une autre espece de gens, qui en la deroute generale de ceste Assemblée s'est voulu rallier, et prendre le dessus, sous un pretexte bien apparant, mais avec un dessein dont l'execution nous est impossible. Ils n'ont presché que les experiences, et ont demandé qu'on ne s'assemblat que pour en faire; ou que l'on ne discourut que sur le champ. Ils ont dit, qu'il ne falloit avoir soin que de bien agir, et qu'il n'estoit pas besoin de raisonner sur aucune matiere avant qu'on eust fait quelque experience, ce qui fourniroit assés de subjet de bien parler sans autre méditation. Il faut voir, Messieurs, ce que l'on a pretendu faire, et descouvrir ce qui a fait de ce costé là negliger nos premieres resolutions, qui estoient de faire un docte et judicieux meslange des experiences et des raisonnemens.

En faisant hommage à l'Académie des fascicules XLVIII et XLIX des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht*, S. A. S. le Prince **Albert de Monaco** s'exprime ainsi :

Dans son Mémoire *Sur les Annélides polychètes pélagiques provenant des yachts* Hirondelle *et* Princesse-Alice (1885-1910), M. **Pierre Fauvel** étudie les nombreuses Annélides polychètes pélagiques recueillies dans mes croisières de 1885 à 1910 depuis le Spitzberg jusqu'aux îles du Cap Vert. M. Fauvel a compté 72 espèces appartenant à 44 genres, rangés dans 16 familles.

8 espèces prises au voisinage des côtes et à la surface ont subi une méta-

morphose au moment de la reproduction. Leur nombre est parfois considérable ; ainsi en rade de Mazaghan, sur la côte du Maroc, plus de 700 mâles épitokes de *Platynereis Dumenili* ont été pris sous un fanal.

M. Fauvel a pu ainsi décrire la forme épitoke, encore inconnue jusque-là, de plusieurs Annélides.

Le Mémoire de MM. **L. Germain** et **L. Joubin** est consacré aux *Chétognathes provenant des campagnes des yachts* Hirondelle *et* Princesse-Alice (1885-1916).

Pendant la période d'années qui sépare 1885 de 1910, un nombre considérable d'individus, répartis entre 5 genres et 18 espèces dont une seule est nouvelle (*Eukrohnia Richardi*), a été recueilli à la profondeur de 4000^{m}.

7 cartes sont consacrées à la distribution géographique de ces animaux dont certaines espèces vivent dans les couches superficielles, alors que d'autres vivent plus profondément, tout en étant soumises à des migrations verticales.

M. **Appell**, en présentant à l'Académie un Mémoire en russe de M. Riabouchinsky *Sur la résistance de l'air*, s'exprime comme il suit :

M. **Riabouchinsky** étudie la résistance que l'air oppose au mouvement d'un projectile, en se basant sur la théorie de l'écoulement des gaz de B. de Saint-Venant et de L. Wantzel. Il obtient des résultats s'accordant assez bien avec ceux que résume la courbe connue, qui exprime la variation des coefficients de résistance en fonction de la vitesse et qui a été étudiée par les généraux N. Maievsky et N.-A. Zaboudsky, par F. Bashforth et par les ingénieurs des usines Krupp. Il donne pour la résistance R deux formules différentes suivant que la vitesse v du projectile dépasse ou non celle du son. Il introduit un coefficient de *rugosité* dépendant de la nature de la surface du projectile. Enfin, il étudie l'allure de la courbe qui représente la variation de $\frac{R}{v^2}$ en fonction de v. Pour des vitesses très petites, ce rapport diminue d'abord quand la vitesse augmente et passe par un minimum ; puis ce rapport augmente et passe par un maximum ; ensuite il diminue de nouveau, atteint un second minimum, aux environs duquel il paraît constant, et recommence à croître pour atteindre un second maximum dans la région où v est supérieur à la vitesse du son ; enfin le rapport $\frac{R}{v^2}$ diminue en se rapprochant asymptotiquement d'une valeur constante. Le mécanisme de la résistance aux environs du premier maximum est très instable.

M. A. de Gramont fait, au nom de l'auteur, hommage à l'Académie d'un Mémoire de M. A. Pereira Forjaz, intitulé : *Estudos de análise espectral realisados sobre os minerais de urànio e de zircónio portugueses*. Ce Volume, qui contient de nombreuses planches de spectres et de dispositifs expérimentaux, forme le Tome II des *Arquivos da Universidade de Lisboa* (Lisbonne, 1916). Un bref résumé de cet intéressant travail vient d'être récemment donné à l'Académie (séance du 8 janvier 1917).

M. de Gramont ajoute que les recherches de M. Pereira Forjaz ont été poursuivies par la « méthode d'analyse spectrale des minéraux non conducteurs par les sels fondus », communiquée pour la première fois à l'Académie le 18 avril 1898, et ayant servi depuis à la détermination des raies ultimes.

M. Jacques Loeb fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *The organism as a whole from a physico-chemical viewpoint*.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Jac. Berzelius. *Lettres* publiées au nom de l'Académie royale des Sciences de Suède, par H.-G. Söderbaum. Tome V.

2° Félix Cardellach. *Philosophie des structures dans l'architecture et dans l'art de l'ingénieur*. Traduit de l'espagnol, par Léon Jaussely.

3° Commandant Chenet. *Le sol et les populations de la Lorraine et des Ardennes*.

4° *Revue générale de l'Électricité*, 1re année, Tome I, nos 1 et 2 : organe de l'Union des Syndicats de l'Électricité.

5° *Leçons sur les fonctions elliptiques en vue de leurs applications*, par R. de Montessus de Ballore. (Présenté par M. P. Appell.)

6° *Étude sur la chronologie assyro-babylonienne*, par M. D. Sidersky. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'identité de Bézout.* Note de M. **Bertrand Gambier.**

Une remarque due à M. Darboux permet de donner explicitement et sans le moindre calcul l'expression des quatre polynomes entiers en x les plus généraux A, B, C, D satisfaisant à l'identité classique de Bézout

$$AD - BC \equiv 1. \tag{1}$$

L'expression AD — BC ayant revêtu la forme du déterminant $\begin{vmatrix} A & B \\ C & D \end{vmatrix}$, si l'on connaît deux solutions (ABCD), (A'B'C'D'), on en déduit une troisième par la multiplication des deux déterminants correspondants. Pour préciser, j'effectue la multiplication par le procédé détaillé ci-dessous

$$\begin{vmatrix} A & B \\ C & D \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} A' & B' \\ C' & D' \end{vmatrix} \equiv \begin{vmatrix} AA'+CC' & BA'+DC' \\ AB'+CD' & BB'+DD' \end{vmatrix}. \tag{2}$$

J'appelle la solution nouvelle $(AA'+CC', BA'+DC', AB'+CD', BB'+DD')$ produit de (ABCD) par (A'B'C'D') et je l'écris schématiquement (ABCD)(A'B'C'D'). De même, si je me donne un nombre quelconque de solutions avec leur ordre, je multiplie la première par la seconde, le résultat par la troisième, et ainsi de suite ; le résultat final, ou produit des solutions données, est une solution nouvelle. Cette multiplication n'est pas commutative.

Si donc on suppose que C et D sont respectivement de degré supérieur à A et B, nous effectuons les opérations du plus grand commun diviseur entre C et A d'une part, D et B de l'autre; les quotients successifs sont les mêmes. La première opération donne

$$\left\{\begin{array}{l} C \equiv A\delta + C_1, \\ D \equiv B\delta + D_1, \end{array}\right. \qquad \begin{array}{l} AD_1 - BC_1 \equiv 1, \\ (ABCD) \equiv (ABC_1D_1)(1\delta 01). \end{array} \tag{3}$$

La solution (ABCD) est remplacée par la solution plus simple ABC_1D_1; à la seconde opération celle-ci est elle-même remplacée par $A_1B_1C_1D_1$, puis par $A_1B_1C_2D_2$ à la troisième et ainsi de suite.

Chaque opération remplace alternativement le couple (AB) ou le couple (CD) par un couple plus simple, l'autre ne changeant pas. Finalement, si nous tenons compte de toutes les hypothèses possibles sur les degrés

respectifs de A, B, C, D, nous obtenons pour (ABCD) l'une des formes

$$(4)\quad \begin{cases} \begin{bmatrix} 0, \lambda, \frac{-1}{\lambda}, F(x) \end{bmatrix} [1, 0, \varphi_1(x), 1] [1, f_1(x), 0, 1] [1, 0, \varphi_2(x), 1] [1, f_2(x), 0, 1] \ldots, \\ \begin{bmatrix} \lambda, 0, F(x), \frac{1}{\lambda} \end{bmatrix} [1, 0, \varphi_1(x), 1] [1, f_1(x), 0, 1] [1, 0, \varphi_2(x), 1] [1, f_2(x), 0, 1] \ldots, \\ \begin{bmatrix} \lambda, F(x), 0, \frac{1}{\lambda} \end{bmatrix} [1, f_1(x), 0, 1] [1, 0, \varphi_1(x), 1] [1, f_2(x), 0, 1] [1, 0, \varphi_2(x), 1] \ldots, \\ \begin{bmatrix} F(x), \lambda, \frac{-1}{\lambda}, 0 \end{bmatrix} [1, f_1(x), 0, 1] [1, 0, \varphi_1(x), 1] [1, f_2(x), 0, 1] [1, 0, \varphi_2(x), 1] \ldots. \end{cases}$$

Le nombre des facteurs est bien entendu limité; suivant qu'il est pair ou impair, on a en réalité huit cas. λ est une constante numérique arbitraire non nulle. $F(x)$ est un polynome arbitraire, qui peut se réduire à une constante numérique non nulle; le dernier polynome f_n ou φ_n remplit les mêmes conditions; quant aux autres polynomes f_i ou φ_i ils sont complètement arbitraires, mais de degré au moins égal à 1.

Les formules (4) résolvent explicitement la question; elles montrent de plus que, si l'on prend pour F et les polynomes f_i, φ_i des polynomes entiers à un nombre arbitraire de variables, les polynomes A, B, C, D donneront encore des solutions de l'identité de Bézout, à un nombre quelconque de variables.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Valeur de l'action le long de diverses trajectoires.* Note de M. **Michel Petrovitch**, présentée par M. Appell.

Considérons le mouvement d'un système holonome à k degrés de liberté, à liaisons indépendantes du temps, sous l'action de forces dérivant d'une fonction de forces U et soit, avec les paramètres $q_1, \ldots, q_k$ formant un système de coordonnées orthogonales,

$$J = \int_{(P_0)}^{(P_1)} \sqrt{L_1 dq_1^2 + \ldots + L_n dq_n^2}$$

l'expression de l'*action* le long d'une trajectoire arbitraire passant par deux positions données P_0 et P_1 du système, les L_i étant fonctions des $q_1, \ldots, q_k$ et de la constante des forces vives h, déterminées par les liaisons et la forme de la fonction de forces U.

J'indique dans la présente Note une manière d'avoir des limites supérieures et inférieures de la valeur de l'action le long de diverses trajectoires

passant par les positions données P_0 et P_1, et de comparer entre elles les valeurs de l'action le long de ces trajectoires.

A cet effet, considérons deux positions P_0 et P_1 du système suffisamment rapprochées pour que, le long de l'arc $s = P_0P_1$ de la trajectoire considérée T entre ces positions, *aucune des différentielles* $\sqrt{L_i}\,dq_i$ *ne change de signe*. Comme ces différentielles représentent les éléments d'arc des lignes coordonnées composant dans le système orthogonal $(q_1, \ldots, q_k)$ l'action J comme leur résultante, ceci revient à supposer les positions P_0 et P_1 suffisamment rapprochées pour que l'action le long de l'arc s présente une *allure invariable* par rapport aux lignes coordonnées, cette invariabilité consistant dans celle du sens de croissance de ces arcs composants.

Soit ε_k l'unité affectée du signe invariable de $\sqrt{L_k}\,dq_k$ le long de s; en posant pour abréger

$$\varepsilon_k\sqrt{L_k}\,dq_k = \alpha_k,$$

on aura le long de l'arc s

$$J = \int_{(P_0)}^{P_1} \sqrt{\alpha_1^2 + \ldots + \alpha_k^2}.$$

Les α_k étant tous positifs, la valeur du rapport

$$\frac{\alpha_1^2 + \ldots + \alpha_k^2}{(\alpha_1 + \ldots + \alpha_k)^2}$$

sera toujours comprise entre $\frac{1}{n}$ et 1, ces limites étant atteintes, la première lorsque le long de l'arc s les α_i sont tous égaux entre eux, et la seconde lorsque les α_i, sauf un parmi eux, sont tous nuls [1].

Soit μ un facteur intégrant de l'expression $\Sigma\alpha_k$, de sorte que $\mu\Sigma\alpha_k$ soit la différentielle exacte d'une fonction f. L'existence du facteur μ est assurée pour un système quelconque à un degré de liberté inférieur à 3. Il en est de même lorsque les lignes coordonnées forment un réseau isométrique, de sorte qu'on ait $L_1 = L_2 = \ldots = L_k$; le facteur intégrant sera alors $\frac{1}{\sqrt{L_1}}$. Il en sera de même dans un nombre illimité d'autres cas généraux.

On aura dans ce cas

$$\sqrt{\alpha_1^2 + \ldots + \alpha_k^2} = \theta(\alpha_1 + \ldots + \alpha_k) = \theta\frac{dF(f)}{\mu F'(f)},$$

[1] Voir ma précédente Note (*Comptes rendus*, t. **164**, 1917, p. 85).

où F désigne une fonction arbitraire d'une variable, θ étant un facteur toujours compris entre $\frac{1}{\sqrt{n}}$ et 1.

Choisissons la fonction arbitraire F de manière que l'expression $\mu F'(f)$ garde un signe invariable le long de l'arc s et soient M et N la plus grande et la plus petite valeur absolue que prend cette expression le long de cet arc. La plus grande valeur de $\frac{\theta}{\mu F'(f)}$ étant $\frac{1}{N}$, et la plus petite $\frac{1}{M\sqrt{n}}$, le théorème commun de la moyenne, appliqué à l'intégrale J, conduit à la proposition suivante :

L'action J *le long de l'arc s est égale à la valeur absolue* H *de la différence de valeurs que prend la fonction* $F(f)$ *aux deux positions* P_0 *et* P_1, *multipliée par un facteur toujours compris entre les limites* $\frac{1}{M\sqrt{n}}$ *et* $\frac{1}{N}$.

On a là un *théorème de la moyenne* relatif à l'action J :

$$J = \lambda H \qquad \text{avec} \qquad \frac{1}{M\sqrt{n}} \leq \lambda \leq \frac{1}{N}.$$

Le théorème fournit le moyen de comparer entre elles les actions J et J′ présentant *une même allure* (les mêmes ε_k) le long de deux trajectoires arbitraires T et T′. En choisissant la fonction arbitraire F de manière que $\mu F'(f)$ garde un même signe le long des arcs P_0P_1 des deux trajectoires et en désignant par λ', M′, N′ les quantités λ, M, N relatives à la trajectoire T′, on trouve

$$J' = \xi J,$$

où ξ est un facteur compris entre $\frac{M'\sqrt{n}}{N}$ et $\frac{N'}{M\sqrt{n}}$. En particulier : *l'action le long de l'arc* $s = P_0P_1$ *de la trajectoire naturelle ne peut jamais être plus de* $\frac{M'\sqrt{n}}{N}$ *fois plus petite que celle le long de l'arc* $s = P_0P_1$ *d'une trajectoire arbitraire de l'espèce considérée*. Il est, d'ailleurs, manifeste qu'on peut dans ces propositions remplacer (M, M′) et (N, N′) par la plus grande et la plus petite valeur que prend l'expression $\mu F'(f)$ dans un domaine considéré de l'hyperespace $(q_1, \ldots q_k)$ comprenant les trajectoires à comparer.

Appliquons ces résultats au mouvement d'un point matériel libre sous l'action de forces dérivant d'une fonction de forces U, le système de coordonnées étant rectiligne orthogonal (x, y, z). On aura

$$J = \int_{(P_0)}^{(P_1)} \sqrt{2(U+h)(dx^2+dy^2+dz^2)}$$

et, en désignant par $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ l'unité affectée des signes respectifs de dx, dy, dz le long de l'arc $s = P_0P_1$ de la trajectoire, on peut prendre

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{2(U+h)}}, \qquad f = \varepsilon_1 x + \varepsilon_2 y + \varepsilon_3 z, \qquad F(f) = f.$$

La quantité précédente H sera la somme de valeurs absolues des accroissements finis des coordonnées x, y, z quand on passe de la position P_0 à la position P_1 du point mobile. L'expression

$$\mu F'(f) = \frac{1}{\sqrt{2(U+h)}}$$

garde un signe invariable quelle que soit la trajectoire considérée et, en désignant par A et B la plus grande et la plus petite valeur de la fonction $U + h$ le long de l'arc s (ou bien dans une région de l'espace comprenant cet arc), on aura

$$M = \frac{1}{\sqrt{2B}}, \qquad N = \frac{1}{\sqrt{2A}},$$

de sorte que $J = \lambda H$, *où* λ *est un facteur compris entre* $\sqrt{\frac{2B}{3}}$ *et* $\sqrt{2A}$.

Il serait aussi facile de comparer entre elles les valeurs de l'action le long de diverses trajectoires passant par les mêmes points P_0 et P_1 suffisamment rapprochés pour que les arcs P_0P_1 des trajectoires considérées gardent une allure invariable ($\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ invariables).

ÉLASTICITÉ. — *Formule en série simple de la plaque uniformément chargée, encastrée sur un contour rectangulaire plan.* Note de M. **Mesnager**, transmise par M. A. Blondel.

La formule en série double de cette plaque [1] a l'inconvénient d'exiger le calcul d'un grand nombre de termes. D'autre part, la démonstration donnée n'est indiscutable que si le lecteur veut bien se rendre compte des ordres de grandeur respectifs des flèches et des périodes du reste. On peut améliorer la solution à ces deux points de vue en faisant subir à la formule une transformation en série simple analogue à celle que Maurice Levy a fait subir aux formules de Navier [2]. Mais sa méthode ne peut être appliquée aux plaques encastrées, comme il l'avait fort bien remarqué, tous les coefficients de l'équation s'annulant. Toutefois son procédé équivaut [3] à

(1) *Comptes rendus*, t. 163, 27 novembre 1916, p. 661.

(2) *Comptes rendus*, t. 129, 1899, p. 535.

(3) Thèse de M. Estanave (Gauthier-Villars, 1900), p. 14 et suiv.

considérer la série double en x et y comme une série, de séries en y par exemple, et à sommer les séries contenant y. On peut ici faire cette sommation pour les séries

$$(1)\qquad \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1+(-1)^{n+1}\cos\dfrac{2n\pi y}{b}}{3\left(\dfrac{m}{a}\right)^4+3\left(\dfrac{n}{b}\right)^4+2\left(\dfrac{mn}{ab}\right)^2} = \frac{b^4}{3}\sum_{n=1}^{n=\infty}\frac{1+(-1)^{n+1}\cos nz}{n^4+k^2n^2+l^4}$$

en posant, pour simplifier l'écriture,

$$\frac{mb}{a}=l,\qquad \frac{mb}{a}\sqrt{\frac{2}{3}}=k,\qquad \frac{2\pi y}{b}=z.$$

Égalons la série en $\cos z$ à une fonction indéterminée φ et considérons ses dérivées par rapport à z, φ'' et φ^{IV}; on trouve par addition après multiplication respectivement par les constantes l^4, $-k^2$, 1

$$\varphi^{\text{IV}}-k^2\varphi''+l^4\varphi=\Sigma(-1)^{n+1}\cos nz=0,5.$$

En résolvant par les méthodes ordinaires cette équation différentielle linéaire à coefficients constants et en posant $t=\dfrac{l}{\sqrt{3}}=\dfrac{mb}{a\sqrt{3}}$, on obtient

$$\sum_{n=1}^{n=\infty}\frac{(-1)^{n+1}\cos nz}{n^4+k^2n^2+l^4}=\frac{1}{18t^4}+A_m\operatorname{sh}tz\sqrt{2}\sin tz+B_m\operatorname{sh}tz\sqrt{2}\cos tz+$$
$$+C_m\operatorname{ch}tz\sqrt{2}\sin tz+D_m\operatorname{ch}tz\sqrt{2}\cos tz.$$

Les constantes sont déterminées par les remarques suivantes :

1° La fonction est paire, ce qui entraîne $B_m=C_m=0$.

2° En dérivant et en faisant $z=\pi$, on obtient une relation entre A_m et D_m.

3° En multipliant par dz et intégrant de $-\pi$ à $+\pi$, on obtient une seconde équation entre A_m et D_m. En définitive, il vient

$$\sum_{n=1}^{n=\infty}\frac{(-1)^{n+1}\cos\dfrac{2n\pi y}{b}}{3\left(\dfrac{m}{a}\right)^4+3\left(\dfrac{n}{b}\right)^4+2\left(\dfrac{m}{a}\dfrac{n}{b}\right)^2}$$
$$=\frac{a^4}{6m^4}\Bigg\{1-\frac{3\pi}{2\sqrt{2}}\frac{t}{\operatorname{sh}^2t\pi\sqrt{2}+\sin^2t\pi}\times$$
$$\times\left[\left(\sqrt{2}\operatorname{ch}t\pi\sqrt{2}\sin t\pi+\operatorname{sh}t\pi\sqrt{2}\cos t\pi\right)\operatorname{ch}tz\sqrt{2}\cos tz-\right.$$
$$\left.-\left(\sqrt{2}\operatorname{sh}t\pi\sqrt{2}\cos t\pi-\operatorname{ch}t\pi\sqrt{2}\sin t\pi\right)\operatorname{sh}tz\sqrt{2}\sin tz\right]\Bigg\}.$$

Cette formule n'est justifiée que si les séries v, v'', v^{IV} sont ou peuvent être rendues convergentes. Elles possèdent cette propriété, on peut le démontrer. On peut aussi développer en série de Fourier la fonction à variation bornée du second membre : on retrouve le premier.

En faisant $y = 0,5b$, on trouve -1 en numérateur. Changeons le signe, ajoutons à la valeur précédente et multiplions par $(b^4 : 3)$ nous aurons la valeur de l'expression (1). En la substituant dans celle qui a fait l'objet de ma Note imprimée aux *Comptes rendus* de la séance du 27 novembre 1916, on obtient, pour la plaque uniformément chargée encastrée sur un contour rectangulaire plan,

$$w = \frac{\varpi}{16\sqrt{6}} \frac{1-\eta^2}{\pi^3 \mathrm{EI}} a^3 b \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1 + (-1)^{m+1} \cos \dfrac{2m\pi x}{a}}{m^3(\mathrm{sh}^2 t\pi\sqrt{2} + \sin^2 t\pi)} \times$$

$$\times \big\{ (\sqrt{2}\,\mathrm{ch}\, t\pi\sqrt{2} \sin t\pi + \mathrm{sh}\, t\pi\sqrt{2} \cos t\pi)(\mathrm{ch}\, t\pi\sqrt{2} \cos t\pi - \mathrm{ch}\, tz\sqrt{2} \cos tz) -$$

$$- (\sqrt{2}\,\mathrm{sh}\, t\pi\sqrt{2} \cos t\pi - \mathrm{ch}\, t\pi\sqrt{2} \sin t\pi)(\mathrm{sh}\, t\pi\sqrt{2} \sin t\pi - \mathrm{sh}\, tz\sqrt{2} \sin tz)\big\}.$$

Cette série, rapidement convergente (avec deux termes on a la flèche), l'est absolument. En effet, pour tout point de la plaque, $-\pi < z < \pi$, quand $m = \infty$ et, par conséquent, $t = \infty$,

$$\lim \frac{(\mathrm{ch} \text{ ou } \mathrm{sh})\, t\pi\sqrt{2}\, (\mathrm{ch} \text{ ou } \mathrm{sh})\, tz\sqrt{2}}{\mathrm{sh}^2 t\pi\sqrt{2}} = 0$$

et, pour $z = \pi$, limite $= 1$. Donc, à partir d'un certain rang, le module du terme général est $<$ (const. : m^3). De même pour la dérivée par rapport à x ou y, il est $<$(const. : m^2). La série des dérivées secondes par rapport à x n'est pas absolument convergente, puisque le module du terme général tend vers (const. : m). Elle est uniformément convergente à l'intérieur du domaine de la plaque; car en reculant l'origine des x de $0,5\,a$, ce qui revient à compter le domaine de 0 à a, elle prend la forme

$$\sum \frac{\mathrm{A}_m}{m} \cos \frac{2m\pi x}{a},$$

A_m étant fini. Elle est convergente si le coefficient du cosinus décroît constamment jusqu'à zéro et conserve un signe constant [1]. C'est ici le cas, en effet : 1° il décroît constamment, car en dérivant l'expression (1) par rapport à m, on obtient une série absolument convergente dont tous les termes sont négatifs; 2° d'après sa forme, il a pour limite zéro; 3° A_m est la somme de la série (1) dont chaque terme est positif.

---

(1) Lebesgue, *Séries trigonométriques*, p. 42. Gauthier-Villars, 1906.

Si l'on dérive par rapport à y, on n'obtiendra que des séries absolument convergentes, car, dans toutes les dérivées de l'accolade, il ne reste que des termes qui, pour $t=\infty$, ont une limite inférieure à l'inverse de n'importe quelle puissance fixe de t,

$$\frac{(\text{ch ou sh})\,t\pi\sqrt{2}\,(\text{ch ou sh})\,tz\sqrt{2}}{\text{sh}^2\,t\pi\sqrt{2}}.$$

La dérivée seconde, en x et y, est donc absolument convergente dans l'intérieur de la plaque. On montrerait, comme pour la dérivée seconde en x, qu'elle est convergente sur le contour. On en conclut que les séries de séries correspondantes sont certainement sommables par la méthode de M. Fejér [1] et sont bien les dérivées de w.

Toutes les séries employées dans la Note du 27 novembre sont donc ou peuvent être rendues convergentes et la méthode est rigoureusement applicable.

Remarque. — Chaque terme de la formule en série double représente une plaque rectangulaire encastrée, satisfaisant à la condition de Ritz, donc supportant la charge totale, mais assujettie à la condition d'avoir la forme d'une sinusoïde d'un nombre déterminé de périodes dans chaque sens de la plaque. En ajoutant les solutions, chaque élément de la charge descend de plus en plus, tous les w additionnés étant positifs, mais ne peut dépasser une limite (convergence). C'est cette limite qui se produit en l'absence de toute condition de forme.

ASTRONOMIE. — *Sur l'énergie possédée par la Terre du fait de sa rotation sur elle-même, quand on admet pour la densité à son intérieur la loi de variation* $d=10\left(1-0,76\frac{r^2}{R^2}\right)$. Note de M. **Maurice Sauger**, présentée par M. Bigourdan.

Pour calculer l'énergie cinétique de la Terre dans son mouvement de rotation sur elle-même, il convient de se donner au préalable une loi sur la variation de la densité avec la profondeur.

Cette densité, comme on sait, n'est pas constante : égale à peu près à 2,4 pour les roches silicatées qui composent la région superficielle de l'écorce, elle admet une valeur moyenne de 5,53 ainsi qu'il résulte des

(1) Lebesgue, *Ibid.*, p. 94.

déterminations de la constante de la gravitation. Elle augmente donc avec la profondeur.

Parmi les différentes formules qui ont été proposées pour représenter cette variation, on peut adopter la suivante :

$$d = d_0\left(1 - a\frac{r^2}{R^2}\right)$$

dans laquelle on pose

$$d_0 = 10, \qquad a = 0,76,$$

ce qui revient à admettre la valeur 5,53 pour densité moyenne et 2,4 pour densité superficielle. Cette formule s'accorde bien avec les expériences d'Airy sur les variations de la pesanteur quand on s'enfonce dans un puits de mine; en outre sa forme satisfait convenablement aux conditions qu'on déduit du mouvement de précession de notre planète.

Calculons l'énergie cinétique de rotation possédée par la Terre quand on admet cette loi.

Cette énergie est donnée par la formule

$$W = \frac{I}{2}\omega^2,$$

I désignant le moment d'inertie de la Terre par rapport à l'axe nord-sud et ω sa vitesse angulaire.

Calcul du moment d'inertie. — Soit dv un élément de volume situé à une distance r du centre, pour une latitude λ. Prenons pour cet élément de volume un petit parallélépipède ayant pour côtés :

a. Un élément de rayon dr;

b. Un élément de circonférence perpendiculaire à cet élément de rayon et de longueur $d\lambda$;

c. Un élément de circonférence tracé dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation nord-sud, de rayon $r\cos\lambda$ et de longueur $r\cos\lambda\, d\alpha$.

On a, pour l'expression de cet élément de volume :

$$dv = dr\,.\,r\,d\lambda\,.\,r\cos\lambda\,d\alpha = r^2\,dr\,.\cos\lambda\,d\lambda\,.\,d\alpha.$$

Le rayon de giration de cet élément de volume est $r^2\cos^2\lambda$; cela donne pour son moment d'inertie :

$$dI = d\,.\,r^4\,dr\,.\cos^3\lambda\,d\lambda\,.\,d\alpha;$$

d'où, pour le moment d'inertie total,

$$I = \int\int\int d.r^4\,dr.\cos^3\lambda\,d\lambda.d\alpha.$$

Remplaçons dans cet expression d par sa valeur adoptée, il vient

$$\frac{I}{2} = \int_{r=0}^{R}\int_{\lambda=0}^{\frac{\pi}{2}}\int_{\alpha=0}^{2\pi}\left(10\,r^4\,dr.\cos^3\lambda\,d\lambda.d\alpha - 7,6\,\frac{r^6}{R^2}dr.\cos^3\lambda\,d\lambda.d\alpha\right).$$

Intégrons en remarquant que

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}}\cos^3\lambda\,d\lambda = \left[\frac{\sin^3\lambda}{12} + \frac{3}{4}\sin\lambda\right]_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{2}{3}.$$

Il vient

$$\frac{I}{2} = 10\times\frac{2}{3}\times 2\pi\times\frac{R^5}{5} - 7,6\times\frac{2}{3}\times 2\pi\times\frac{R^5}{7} = 4\pi R^5\left(\frac{10}{15} - \frac{7,6}{21}\right),$$

soit

$$\frac{I}{2} = 4\pi\times 0,30476\times\overline{6367}^5\times 10^{15},$$

$$\frac{I}{2} = 4007\times 10^{31} = 4\times 10^{34} \text{ tonnes-mètres ou } 4\times 10^{37} \text{ kilogrammes-mètres.}$$

On tire de là, pour l'énergie cinétique cherchée,

$$W = \frac{I}{2}\omega^2 = \frac{4\times 10^{37}}{9,81}\times\frac{4\pi^2}{(60\times 60\times 24)^2} = 216\times 10^{26} \text{ kilogrammètres.}$$

Cherchons l'écart de ce résultat avec celui qu'on obtiendrait dans l'hypothèse d'une densité uniforme, égale à la densité moyenne 5,53.

Il vient alors

$$I = \frac{8}{15}\pi R^5 d,$$

soit

$$\frac{I}{2} = \frac{4}{15}\pi.\overline{6367}^5\times 10^{15}\times 5,53 = 4847\times 10^{31} \text{ tonnes-mètres.}$$

En adoptant cette valeur pour le moment d'inertie de la Terre, on aurait pour son énergie cinétique de rotation

$$\frac{216\times 10^{26}\times 4847}{4007} = 262\times 10^{26} \text{ kilogrammètres,}$$

valeur 20 pour 100 plus forte que celle obtenue précédemment.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la réflexion totale d'ondes isolées à la surface de séparation de deux fluides en mouvement ou en repos.* Note de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. Appell.

Dans une précédente Note [1] nous avons considéré seulement le cas de la réflexion accompagnée de réfraction. Il nous faut envisager maintenant le cas de la *réflexion totale*. Employant les mêmes notations nous poserons ici

$$\mu^2 = \sin^2\theta - \frac{(a + \alpha\sin\theta)^2}{a'^2}. \tag{1}$$

En désignant par $\psi(z, u)$ le potentiel des vitesses dans le milieu inférieur réfléchissant ($u = x\sin\theta + at$), nous en concluons, d'après la relation générale (3) de la Note ci-dessus indiquée,

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial z^2} + \mu^2\frac{\partial^2\psi}{\partial u^2} = 0. \tag{2}$$

Si nous posons $v = \mu z$, cette relation devient

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial u^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial v^2} = 0. \tag{3}$$

Enfin, les conditions aux limites, sur le plan $z = \frac{v}{\mu} = 0$, peuvent s'écrire

$$m\left(\frac{\partial\psi}{\partial u}\right)_0 + n\left(\frac{\partial\psi}{\partial v}\right)_0 = f'(u) \tag{4}$$

$$m\left(\frac{\partial\psi}{\partial u}\right)_0 - n\left(\frac{\partial\psi}{\partial v}\right)_0 = \varphi'(u) \tag{5}$$

(pour $v = 0$).

où l'on a posé

$$m = \frac{\rho'}{2\rho}, \qquad n = \frac{\mu}{2\cos\theta}.$$

$f'(u)$ et $\varphi'(u)$ définissent les ondes incidente et réfléchie, la première seule $f'(u)$ étant connue.

On a donc à déterminer une fonction *harmonique* $\psi(u, v)$ définie pour $v < 0$, satisfaisant sur l'axe Ou à (4). Mais la fonction $m\frac{\partial\psi}{\partial u} + n\frac{\partial\psi}{\partial v}$ est aussi harmonique, nulle à l'infini vers les v négatifs. On est donc ramené au

---

[1] *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 99.

problème de Dirichlet, les valeurs données $f'(u)$ sur l'axe Ou n'étant différentes de zéro que dans un *intervalle limité* q_0, q_1 puisqu'il s'agit d'une *onde isolée* (limitée dans le temps). Or, en considérant ce cas comme la limite d'une fonction harmonique définie dans un cercle infiniment grand et prenant des valeurs non nulles seulement sur un segment *limité* de la circonférence, on en déduit

$$(6) \qquad m\frac{\partial\psi}{\partial u} + n\frac{\partial\psi}{\partial v} = -\frac{1}{\pi}\int_{q_0}^{q_1}\frac{v f'(q)\,dq}{v^2+(q-u)^2}.$$

D'où l'on tire, par un calcul facile,

$$(7) \qquad m\frac{\partial\psi}{\partial u} - n\frac{\partial\psi}{\partial v} = -\frac{m^2-n^2}{m^2+n^2}\,\frac{1}{\pi}\int_{q_0}^{q_1}\frac{v f'(q)\,dq}{v^2+(q-u)^2} + \frac{2mn}{m^2+n^2}\,\frac{1}{\pi}\int_{q_0}^{q_1}\frac{(q-u)f'(q)\,dq}{v^2+(q-u)^2}.$$

En faisant tendre v négativement vers zéro dans cette formule, on en déduit enfin

$$(8) \qquad \varphi'(u) = \frac{m^2-n^2}{m^2+n^2}f'(u) + \frac{2mn}{m^2+n^2}\lim_{v=0}\int_{q_0}^{q_1}\frac{(q-u)f'(q)\,dq}{v^2+(q-u)^2},$$

ou

$$(9) \qquad \varphi'(u) = \frac{m^2-n^2}{m^2+n^2}f'(u) + \frac{2mn}{m^2+n^2}g'(u).$$

L'onde réfléchie se compose donc de la superposition de deux ondes. La première semblable à l'onde incidente, mais *directe ou inversée* suivant le signe de (m^2-n^2); la deuxième $g'(u)$ que nous appelons onde *anomale* peut n'avoir que des rapports lointains avec l'onde incidente. Elle est analogue à une sorte d'onde d'induction ou de réaction, devenant très grande pour les valeurs de u où $f'(u)$ comporte de rapides variations, mais avec cette différence toutefois qu'elle dépend en outre, quoique à un degré moindre, de l'onde entière.

Ainsi, quand par suite d'une incidence trop grande, disparaît l'onde réfractée, apparaît dans l'onde réfléchie une onde nouvelle, l'onde *anomale*.

Dans le cas d'une onde incidente *périodique* et persistante, l'onde anomale est aussi périodique, mais la décomposition en vibrations harmoniques simples y est différente; le *timbre* est altéré.

Enfin, le milieu réfléchissant ne reste pas tout entier au repos; l'ébran-

lement caractérisé par $\frac{\partial\psi}{\partial u}$, $\frac{\partial\psi}{\partial v}$ ne devient nul ou plutôt négligeable qu'à une certaine distance du plan de séparation.

L'onde anomale et l'onde réfléchie ordinaire comportent des énergies complémentaires. Par exemple, si les fluides sont au repos, et si l'on fait croître l'angle d'incidence θ à partir de zéro, l'onde réfléchie est semblable à l'onde incidente, mais d'abord inversée ($a' > a$); elle devient ensuite directe en passant par zéro pour $\operatorname{tang}\theta = \frac{a}{a'}$. A partir de $\sin\theta = \frac{a}{a'}$ commence la réflexion totale, et l'onde anomale d'abord nulle apparaît et croît progressivement. Elle passe par un maximum pour $\sin\theta = a\sqrt{\frac{a^2 + a'^2}{a^4 + a'^4}}$, pendant que s'annule l'onde réfléchie ordinaire. Celle-ci devient de nouveau inverse et croît jusqu'à $\theta = \frac{\pi}{2}$ pendant que décroît jusqu'à zéro l'onde anomale.

Mais tous ces phénomènes peuvent se produire avec deux fluides identiques, sous le seul effet de leur vitesse relative, capable ainsi à elle seule de provoquer à la fois la réflexion et la réfraction des ondes.

RADIOGRAPHIE. — *Repérage des corps étrangers par les rayons* X *sans rayon normal d'incidence et hauteur ampullaire connus.* Note (1) de M. **Mazérès.**

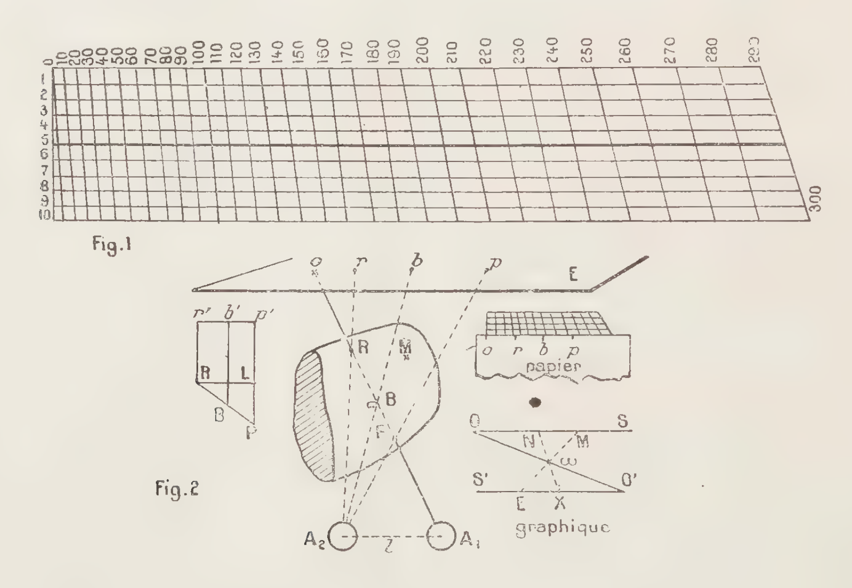
La méthode ci-dessous permet la localisation extra-rapide des projectiles sur une directrice sans connaissance nécessaire du rayon normal d'incidence et de la distance du focus au plan de projection, plaque ou écran. Elle use d'une *réglette-échelle métroradiographique* à interpolation automatique (*fig.* 1).

A. Pratique. — I. *Procédé radioscopique :*

Manipulation (*fig.* 2). — Placer la région blessée entre l'ampoule A_1 et l'écran E. Soit O l'image d'un point remarquable B de la balle. Fixer sur la peau en P et R, points d'entrée et de sortie du rayon passant par B, deux index métalliques différents. Les trois images de B, P, R coïncident en O, que l'on marque sur le bord libre d'une feuille de papier mise sur l'écran. Décaler l'ampoule de 10^{cm} parallèlement à l'écran. Les trois images se séparent, venant en r, b, p, que l'on marque sur le bord du papier.

(1) Séance du 2 janvier 1917.

Mensuration. — Sur l'échelle-réglette porter la feuille de papier, comme en la figure 2; chercher la coïncidence; lire les valeurs correspondantes (exemple : $\overline{or} = 25$, $\overline{ob} = 45$, $\overline{op} = 60$). Se rapporter alors au graphique OSO'S' à doubles parallèles $\overline{OS}$, $\overline{OS'}$ et origines o et o' réunies. Sur $\overline{OS}$ porter la différence $\overline{ON}$ entre $\overline{ob}$ et $\overline{or}$ ($\overline{ob} - \overline{or} = 45^{mm} - 25^{mm} = 20^{mm}$) et la valeur $\overline{OM}$ différence entre $\overline{op}$ et $\overline{ob}$ ($\overline{op} - \overline{ob} = 60^{mm} - 45^{mm} = 15^{mm}$),



puis sur $\overline{O'S'}$ porter l'épaisseur $\overline{PR} = \overline{O'E}$ prise sur le sujet entre P et R avec le compas d'épaisseur sans la mesurer. Joindre M à E, qui coupe $\overline{OO'}$ en ω, puis N à ω qui donne sur $\overline{O'S'}$ la profondeur $\overline{O'X}$ égale à $\overline{RB}$ cherchée. Le corps étranger est sur la directrice PR des deux index à la profondeur $\overline{O'X}$ sous R et XE sous P.

Intervention. — Veut-on intervenir dans une autre direction MN? Sur une droite $\overline{xx'}$ porter l'épaisseur RP. De R et P comme centres, avec pour rayons respectifs RM et PM pris sur la peau au compas d'épaisseur, décrire deux arcs de cercle se coupant en M et donnant la profondeur $\overline{MB}$ sous M et la direction d'intervention MB. Les données précédentes permettent de mettre au point les compas de Saissi, de Cadenat, de Lenoir; d'opérer sous écran ou avec l'électro-vibreur de Bergonié.

II. *Procédé mixte.* — A la radioscopie, marquer avec index métalliques

différents l'entrée P et la sortie R du rayon passant par la balle et prendre sur une plaque sise sur l'écran deux radiographies successives avec déplacement ampullaire de 10^{cm} parallèle à la plaque. Mensurer comme précédemment. En changeant la plaque, on obtient une radiographie stéréoscopique double.

B. Théorie. — Soit H la distance ampoule-écran et $\overline{AA'} = l$. Les lignes $\overline{or}$, $\overline{ob}$, $\overline{op}$ sont parallèles à $\overline{AA'}$ et par suite entre elles. Ayant un point commun o elles coïncident. Donc les *quatre points o, r, p, b sont toujours en ligne droite*. Soient r', b', p' les projections verticales sur l'écran des points R, B, P; des considérations de similitude donnent pour les distances balle-écran, repère-écran, les formules connues :

$$(1) \qquad \mathrm{B}b' = \mathrm{H}\frac{\overline{ob}}{\overline{ob}+l}, \qquad \mathrm{R}r' = \mathrm{H}\frac{\overline{or}}{\overline{or}+l}, \qquad \overline{\mathrm{P}p'} = \mathrm{H}\frac{\overline{op}}{\overline{op}+l}.$$

De l'égalité (1) se déduit $\overline{ob} = l\frac{\overline{\mathrm{B}b'}}{\mathrm{H}-\mathrm{B}b'}$. En y faisant $l = 100$, $\mathrm{H} = 600$, $\overline{\mathrm{B}b'}$ égal à 10, puis 20, 30, 40, ..., on a les valeurs correspondantes de l'intervalle des doubles images telles que $\overline{ob}$. Celles-ci portées avec un pied à coulisse sur une droite, à partir d'un zéro arbitraire, donnent la *réglette-échelle à interpolation automatique* où, en face de $\overline{ob}$, sont marquées les valeurs $\mathrm{B}b'$ cherchées : ce qui justifie l'emploi de la réglette-échelle. D'autre part, la formule (1) montre que la distance d'un point à l'écran est indépendante de la distance de B à la normale focus-écran : ce qui justifie l'emploi d'un rayon oblique. Dans le triangle RPL, par similitude

$$\frac{\overline{\mathrm{RB}}}{\mathrm{RP}} = \frac{\mathrm{B}b' - \mathrm{R}r'}{\mathrm{P}p' - \mathrm{B}b'},$$

où H figurant au numérateur et au dénominateur s'élimine. Donc la connaissance de la hauteur ampullaire n'est pas nécessaire. Sur le graphique OSO'S', les valeurs $\mathrm{ON} = \mathrm{B}b' - \mathrm{R}r'$ et $\mathrm{OM} = \mathrm{P}p' - \mathrm{B}b'$, $x = \mathrm{RB}$, $\varepsilon = \mathrm{RP}$ étant portées, on a

$$\frac{\mathrm{B}b' - \mathrm{R}r'}{\mathrm{P}p' - \mathrm{B}b'} = \frac{\mathrm{ON}}{\mathrm{OM}} \qquad \frac{\mathrm{O'X}}{\mathrm{O'E}} = \frac{\mathrm{RB}}{\mathrm{RP}} = \frac{x}{\varepsilon},$$

ce qui justifie le graphique qui peut être construit une fois pour toutes en ses éléments essentiels : parallèles $\overline{\mathrm{OS}}$ et $\overline{\mathrm{O'S'}}$ et ligne $\overline{\mathrm{OO'}}$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à la revision du poids atomique du brome : densité du gaz bromhydrique sous pression réduite.* Note de M. C.-K. **Reiman**, présentée par M. Georges Lemoine.

1. Ainsi que l'ont montré différents expérimentateurs et que nous avons pu le constater nous-mêmes, le gaz bromhydrique, même très pur et sec, réagit sur le mercure à la température ordinaire. Cette action exclut donc toute mesure directe de la compressibilité du gaz, qu'il faut cependant connaître pour déduire de la densité normale le poids moléculaire exact. On a donc déterminé indirectement la compressibilité, par des mesures de densités, sous différentes pressions, comme l'ont déjà fait quelques expérimentateurs; les pressions choisies sont voisines de $\frac{2}{3}$ et $\frac{1}{3}$ d'atmosphère (adoptées aussi pour les recherches de M. Moles). La marche des expériences est la même que pour les mesures à la pression de 760^{mm} dont les résultats ont été consignés dans une Note précédente [1]; on s'est servi des mêmes ballons.

Le gaz bromhydrique utilisé a été préparé par les méthodes déjà décrites, à savoir : synthèse directe à partir des éléments brome et hydrogène pour les séries I à IV sous la pression de $506^{mm},7$ et pour les séries I, II et V sous la pression de $253^{mm},3$: il a été préparé par l'action de PO^4H^3 sur BrK pour toutes les autres séries.

2. *Résultats.* — Dans les Tableaux suivants, nous donnons les valeurs du poids du litre, toutes corrections faites, ramenées à $506^{mm},67$, ou à $253^{mm},33$, déduites des valeurs fournies par les déterminations exécutées sous les pressions indiquées dans la deuxième colonne. A la suite de chaque Tableau on indique aussi le poids du litre ramené à 760^{mm}, déduit de la valeur moyenne.

Mesures à $506^{mm},67$.

Séries.	Pression (corr.).	Poids du litre à $506^{mm},67$. Ballon I.	Ballon II.	Ballon III.	Moyennes.
I.........	486,5	2,4253	2,4221	»	2,4237
II........	496,8	2,4226	2,4230	2,4224	2,4226
III.......	506,7	2,4220	2,4217	2,4225	2,4220
IV.......	508,3	2,4227	2,4223	2,4223	2,4224
V........	507,7	2,4222	2,4226	2,4223	2,4224
VI.......	508,4	2,4194	2,4192	2,4197	2,4194
	Moyennes.....	2,4224	2,4218	2,4218	2,4220

(1) C.-K. Reiman, *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 44.

La moyenne générale arithmétique est 2,4220; elle coïncide avec la moyenne des séries. Ramenée par le calcul à 760^{mm}, elle donne la valeur 3^g,6330 comme poids du litre de gaz BrH.

Mesures à 253^{mm},33.

Séries.	Pression (corr.)	Poids du litre à 253^{mm},33. Ballon I.	Ballon II.	Ballon III.	Moyennes.
I.........	254,5	1,2069	1,2089	1,2076	1,2078
II........	254,8	1,2074	1,2075	1,2072	1,2074
III.......	258,6	1,2065	1,2067	1,2069	1,2067
IV........	255,4	1,2072	1,2074	1,2074	1,2073
V.........	258,0	1,2068	1,2071	1,2072	1,2070
	Moyennes.....	1,2070	1,2075	1,2072	1,2072

La moyenne arithmétique est 1,20726 qui, ramenée à 760^{mm}, donne la valeur 3^g,6218 comme poids du litre de gaz BrH.

3. *Poids atomique du brome.* — A l'aide des valeurs précédentes, ramenées à 760^{mm} (soit 3,6330 et 3,6218), on a calculé la valeur du coefficient de compressibilité entre $\frac{1}{3}$ et 1^{atm}, ainsi que l'écart à la loi d'Avogadro en fonction de p et de $\frac{1}{v}$. La méthode indiquée par M. Guye pour faire ce calcul sera décrite *in extenso* dans un Mémoire détaillé; elle consiste essentiellement à déduire d'abord des densités les valeurs que prend le produit pv d'une même masse de gaz, et à extrapoler la valeur de pv pour $p=0$ et $v=\infty$. La moyenne des deux extrapolations fournit le nombre $\frac{(pv)_0}{(pv)_1}=(1+\lambda)=1{,}00927$ comme valeur de l'écart à la loi d'Avogadro entre 1^{atm} et 0^{atm}.

A partir de cette valeur et de celle du poids du litre normal précédemment trouvée, L = 3^g,6442, ainsi que des valeurs correspondantes pour l'oxygène [$(1+\lambda)=1{,}00097$ et $L=1{,}42905$], on obtient la valeur suivante du poids moléculaire du gaz BrH: $\frac{32\times 3{,}6442\times 1{,}00097}{1{,}42905\times 1{,}00927}=80{,}932$. En en retranchant le poids atomique de l'hydrogène H = 1,008, on déduit le poids atomique du brome Br = 79,924, qui concorde remarquablement avec le résultat Br = 79,926 obtenu par M. Moles [1], suivant les mêmes méthodes, mais en opérant sur du gaz BrH d'autres provenances chimiques, et avec un appareillage entièrement différent de celui dont nous nous sommes servi.

(1) Moles, *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 94.

CHIMIE PHYSIQUE. — *A propos de la densité normale du gaz acide bromhydrique.* Note de M. **W.-J. Murray**, présentée par M. Georges Lemoine.

1. Parallèlement aux travaux de M. E. Moles [1] et de M. C.-K. Reiman [2] exécutés à Genève sur la revision du poids atomique du brome par des méthodes physico-chimiques, nous avons entrepris des recherches du même ordre sur le gaz acide bromhydrique.

Un des caractères essentiels de cet ensemble de travaux résidait dans la variété des méthodes d'obtention du gaz bromhydrique. A cet égard, nous avons étudié divers modes de préparation, différents de ceux décrits dans les publications qui viennent d'être citées.

2. Nous avons d'abord mis au point la préparation fondée sur l'hydrolyse du composé Al^2Br^6. Celui-ci a été préparé par l'action de la vapeur de brome sur l'aluminium chauffé au rouge. Le sel Al^2Br^6 a été purifié par distillation fractionnée dans le vide; il a été distillé ensuite dans un ballon générateur spécial et hydraté partiellement en ajoutant de l'eau avec précaution. En chauffant légèrement la masse, on obtient un dégagement abondant de gaz assez pur et tout à fait sec (si l'on a toujours un excès de Al^2Br^6 anhydre). Il se forme d'abord un sel hydraté qui est ensuite décomposé par la chaleur selon l'équation

$$Al^2Br^6, 12\,H^2O = Al^2O^3 + 6\,HBr + 2\,H^2O.$$

Le gaz entraîne une poussière très ténue de Al^2O^3 dont on le débarrasse par la filtration à travers plusieurs tubes garnis de petits morceaux de baguette de verre ou de laine de verre; il a été ensuite condensé à $-81°$ au moyen du mélange carbonique et purifié par distillations fractionnées successives.

Nous avons encore essayé la préparation du gaz bromhydrique par deux autres méthodes :

(*a*) hydrolyse du composé $SnBr^4$, obtenu lui-même par réaction entre les éléments; (*b*) action du gaz SO^2 sur le brome en présence de l'eau. La première de ces méthodes ne se prête pas à la préparation du gaz bromhydrique, comme l'hydrolyse du sel

---

(1) E. Moles, *Comptes rendus*, t. **162**, 1916, p. 686, et t. **163**, p. 94.

(2) C.-K. Reiman, *Comptes rendus*, t. **164**, 1917, p. 44.

Al^2Br^6; la seconde donne des solutions trop étendues de gaz BrH, contenant du brome en excès, qu'il est difficile d'éliminer.

3. Avec le gaz BrH obtenu par hydrolyse du sel Al^2Br^6 nous avons effectué seize mesures de la densité normale sous la pression de 760^{mm}, avec trois ballons (portant les n°s 2, 3 et 12) dont les capacités étaient de : $0^l,59659$, $0^l,45573$ et $0^l,61025$.

Les résultats sont transcrits dans le Tableau suivant qui donne les valeurs obtenues pour le poids du litre normal de gaz BrH, toutes corrections faites selon les méthodes en usage à Genève.

Pression corrigée.	Ballon 2.	Ballon 3.	Ballon 12.
748,2...........	»	3,6410	»
749,4...........	3,6497	»	»
742,6...........	3,6415	»	»
741,4...........	»	3,6401	»
805,3...........	»	»	3,6422
766,0...........	3,6402	»	3,6453
751,6...........	3,6408	»	3,6463
765,6...........	»	3,6482	3,6492
755,5...........	3,6467	3,6439	3,6430
752,7...........	3,6432	3,6322	»
Moyennes...	3,6437	3,6431	3,6452

La moyenne arithmétique des seize déterminations est

$$L = 3^g,6440 \pm 0,0005.$$

La moyenne des moyennes par ballon est aussi de $3^g,6440$.

La concordance des déterminations individuelles est moins satisfaisante que celle des déterminations déjà citées de M. Moles et de M. Reiman; cela provient de diverses difficultés d'exécution rencontrées au cours du travail, notamment d'une fatigue du fléau de la balance employée. Notre résultat diffère cependant très peu des nombres obtenus par ces deux expérimentateurs : $3^g,6444$ (M) et $3^g,6442$ (R); l'écart atteint à peine $\frac{1}{10000}$; c'est à la limite de la précision admise pour les déterminations de ce genre.

Cette fatigue du fléau ne paraît donc pas avoir agi comme erreur systématique; elle n'a produit qu'une amplification des erreurs accidentelles. On peut donc considérer notre résultat, obtenu avec un gaz BrH d'autre provenance, comme une confirmation des valeurs déduites des expériences de M. Moles et de M. Reiman. C'est à ce titre qu'il nous a paru utile de le faire connaître.

GÉOLOGIE. — *Esquisse préliminaire de la géologie du Sénégal.* Note de M. **Henry Hubert**.

On savait déjà que la partie des territoires de l'Afrique occidentale française comprise entre l'Océan, d'une part, le fleuve Sénégal et la Falémé, d'autre part (et désignée administrativement sous le nom de *Colonie du Sénégal*) offrait, au point de vue géologique, cette particularité d'être en majeure partie occupée par des formations récentes : Crétacé à Actuel. De nombreux itinéraires et la centralisation d'abondants matériaux d'étude au laboratoire de recherches géologiques, à Dakar (¹), permettent d'indiquer aujourd'hui la répartition géographique des différentes formations rencontrées, aussi bien pour l'ensemble de la colonie du Sénégal que pour les territoires voisins non encore reconnus.

La limite des formations récentes et des terrains anciens qui, dans son ensemble, a pu être déterminée avec une approximation suffisante pour figurer sur une carte au $\frac{1}{1\,000\,000}$ (²), coupe le Sénégal vers Diaouara, passe ensuite, au sud, près de Samba Goura (³), puis à 12^{km} à l'est de Gombo. On la retrouve : un peu à l'est des villages de Koussan, Djidjé et Koukoudaka; à proximité de Kounamba; entre Médina Codiologny et Kaparto; à 7^{km} au sud de Kowar; dans le lit de la Koulountou, au nord du gué de Damantan (⁴); au sud-est de Kouladji. Elle entre ensuite en Guinée portugaise un peu à l'est de Pirada et passe tout près de Bafata. Les renseignements font défaut quant à son point d'aboutissement sur le rivage de l'Atlantique, mais on peut le situer, selon toute vraisemblance, entre le Rio Cassini et le Rio Tombali.

Dans le Boundou septentrional seul, cette limite est facile à déterminer

(1) Échantillons recueillis au cours de missions ou adressés notamment par les Services des Travaux publics du Sénégal, par le Directeur du chemin de fer de Thiès à Kayes, par l'Administrateur du cercle du Sine-Saloum (échantillons recueillis par M. Denis) et par M. de Coutouly, vice-consul de France à Bissao.

(2) Exception faite pour la partie Kowar-Damantan, où l'erreur peut atteindre exceptionnellement plusieurs kilomètres.

(3) Renseignement déduit d'observations géographiques du capitaine Vallier (*Bull. Com. Afr. fr.*, suppl., 1906, p. 329).

(4) La position septentrionale de ce point est exceptionnelle. Elle s'explique par la tranchée formée par le lit de la Koulountou, qui a mis ainsi à découvert les roches anciennes.

parce qu'elle est marquée par un rebord abrupt de grès ferrugineux. Partout ailleurs, elle est masquée par des formations détritiques.

Série récente (*Crétacé à Actuel*). — Les formations de cette série occupent dans les trois colonies du Sénégal, de la Gambie anglaise et de la Guinée portugaise, une surface d'environ 220000^{km^2}. Elles comprennent tout d'abord un cordon littoral; des dunes continentales, *temporairement* fixées (en hivernage seulement) dont l'importance décroît vers le sud; des grès ferrugineux, actuels et superficiels dans les régions méridionales, fossiles et recouverts d'une épaisseur de sable de plus en plus grande à partir des 14e-15e parallèles.

On trouve ensuite des sables pléistocènes à faune marine [région (1) côtière, régions de Louga et de M' Bayène]; puis des grès argileux blancs, parfois faculés de rouge, ou des argiles plus ou moins sableuses (Gambie, Kaëdi, presqu'île du Cap Vert, Boundou, Niani-Ouli, haut Saloum); enfin des calcaires et des marnes, avec intercalation d'argiles, qui sont les formations les plus anciennes de la série. D'après M. Douvillé, qui a bien voulu se charger de l'étude des fossiles recueillis, ces calcaires et ces marnes, dont les termes extrêmes [Sénonien (2) et Aquitanien (3)] sont précisément représentés dans la même localité (Dakar), seraient partout ailleurs éocènes, sans qu'il paraisse possible de faire actuellement d'autres divisions dans cet étage (4).

Séries anciennes (*antécarbonifères*) :

a. Grès siliceux horizontaux. — Les grès siliceux de la région de Kindia (Guinée française) (5) font bien partie de la même série que ceux de la Mauritanie (Dévonien) et du Soudan : d'abord ils en ont bien les caractères lithologiques, ensuite ils s'y rattachent géographiquement. Au nord de Kindia ils se développent de façon à couvrir une large surface dont la limite septentrionale, en Guinée portugaise et en Guinée française, passe à proximité des localités suivantes : Paï̈ Agai (6), Missira, Oudaba,

(1) Pour Dakar, cf. J. Chautard, *Carte géol. de la presqu'île du Cap Vert.*

(2) Peron, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, t. 5, 1905, p. 166.

(3) H. Douvillé, *Compt. rend. somm. Soc. géol. Fr.*, n° 15, 1916, p. 158.

(4) Les quelques espèces minérales observées au milieu des formations de cette série sont : la calcite, le quartz, le silex, la pyrite, la colophanite et des hydrocarbures (bitume, pétrole).

(5) Autrefois signalés comme éocènes par M. J. Chautard (*Étude géophysique et géologique sur le Fouta-Djallon*).

(6) Renseignement déduit de l'examen de Cartes géographiques portugaises.

Boussoura et Bouméhoul. La liaison entre les grès de Kindia et ceux du Tambaoura (Soudan) est marquée par quelques affleurements dans le bassin supérieur de la Gambie.

b. Roches sédimentaires métamorphisées. — Cette série s'étend sur la presque totalité des régions non occupées par les séries précédentes. Elle comprend des formations sédimentaires, qui, contrairement aux grès siliceux, sont franchement métamorphisées. Ce sont surtout des schistes, des quartzites, des brèches et des calcaires.

c. Schistes cristallins. — Enfin, les gneiss ont été observés, mais seulement dans un petit nombre d'affleurements, du moins à l'ouest de la Falémé.

On sait que la série récente a été traversée par des basaltes ([1]). Quant aux séries anciennes elles ont été traversées par un trachyte ([2]), à Sénoudébou, et ailleurs par des granites et surtout par des diabases. Ces dernières ont donné naissance à de vastes et puissantes coulées dont les plus récentes sont contemporaines des grès ([3]).

Les renseignements qui précèdent embrassent non seulement l'ensemble de la colonie du Sénégal et les régions françaises limitrophes, mais encore les colonies de la Gambie anglaise et de la Guinée portugaise sur lesquelles, à ma connaissance, il n'a rien été publié jusqu'à ce jour.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique d'Ibiza (Baléares).* Note ([4]) de M. **Paul Fallot.**

J'ai signalé, dans une précédente Note ([5]), les deux écailles supérieures du complexe tectonique d'Ibiza. Sous elles apparaît au nord-ouest de l'île un troisième élément structural, *la série d'Eubarca*.

Elle se montre sous la série Sirer-Rey, à partir de la Cova Orenga, à l'ouest de l'Atalaya S. Juan. La ligne de contact anormal remonte la Cala de Biniarras, dessine deux rentrants vers le haut des deux vallons qui y aboutissent, s'avance sur l'éperon qui sépare ce bassin de celui de S. Miguel et remonte en amont de ce village. *Un témoin de dolomie triasique repose sur le poudingue miocène* à gros éléments du sommet coté 195 qui domine à l'Est le Puerto de S. Miguel.

A l'ouest de S. Miguel l'écaille de Sirer-Rey s'avance jusqu'à couronner les sommets du rivage (P. Torre, etc.) et occupe toute la région surélevée qui se trouve en arrière

---

([1]) J. Chautard, *Comptes rendus*, t. 143, 1906, p. 919.
([2]) H. Arsandaux, *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 163.
([3]) H. Hubert, *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 1007.
([4]) Séance du 2 janvier 1917.
([5]) *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 103.

d'eux. Son chevauchement est pourtant démontré, car elle se trouve crevée à 2^{km} de la mer par un vallon qui descend du P. Tonio parallèlement à la côte, vers le Rio de S. Miguel et qui a creusé sa gorge à travers le Trias de l'écaille Sirer-Rey jusque dans le Miocène de celle d'Eubarca.

Plus loin vers le Sud-Ouest le massif du Fornou, vraisemblablement formé de deux replis, appartient à la série Sirer-Rey, chevauchant les masses miocènes et néocomiennes du Plà de Eubarca, de la Corona, etc., qui se rattachent à l'écaille inférieure. En plusieurs de ces points, l'Urgonien présente une dolomitisation susceptible de créer des confusions avec la dolomie, moins blonde toutefois, du Trias.

Au sud-ouest de la plaine quaternaire de S. Antonio, le flanc Nord du P. Raco, formé de lames de charriage, entraînées par l'écaille Sirer-Rey, domine les poudingues et calcaires miocènes de S. Agostin. En continuité apparente avec eux, une zone de collines borde la mer de Cala Moli à la Pa Creu. L'Urgonien avec couches à Orbitolines fossilifères y est surmonté par des poudingues miocènes mêlés à des marnes blanches. Cet ensemble est chevauché, suivant une ligne qui passe au flanc Nord de la Sierra Mallol et de las Roca Altas, par la série Sirer-Rey qui, comme on l'a vu, couronne ces sommets de ses éléments inférieurs.

Les rapports de cette série inférieure avec celle de Sirer-Rey portent à croire qu'elle représente l'extrémité sud-ouest de l'écaille d'Eubarca.

Ainsi d'un bout à l'autre de l'Ibiza, trois séries imbriquées sans différences notables de faciès de l'une à l'autre, composent l'architecture de l'île. Par leurs éléments stratigraphiques elles semblent correspondre dans l'ensemble au substratum apparent de Majorque. Les nappes à Oligocène et à Auversien développé qui, dans la grande Baléare, recouvrent les dépôts néogènes septentrionaux, ne se rencontrent pas ici [1].

Quant à la signification de ces écailles, on peut les considérer comme résultant d'accidents de peu d'amplitude (8^{km}-10^{km} au maximum) ou comme représentant l'intersection avec la surface topographique des digitations frontales d'une nappe plus importante, venue du Sud-Est et dont la partie orientale se serait effondrée.

Comme à Majorque, le Burdigalien et peut-être l'Helvétien sont affectés par les charriages, mais la question pendante de l'âge et des contacts des couches à *Cerithium bidentatum* interdit encore de fixer la date limite supérieure de ces phénomènes orogéniques.

Ces indications sont sommaires et susceptibles de revision. Elles semblent toutefois relier, selon les prévisions des auteurs qui jusqu'ici ont tenté une

---

(1) Toutefois j'ai trouvé, sans pouvoir les extraire, trois foraminifères semblables à des *N. intermedius*, dans des grès au bout de la P^{a} Galera de San Antonio. Ces grès, dont la continuation à l'île Cunillera et à l'île del Bosque, participe peut-être à un nouvel accident tectonique inférieur aux trois écailles ébusitaines, compliqueraient beaucoup le problème baléare si leur âge oligocène se trouvait démontré.

synthèse de la Méditerranée occidentale, les observations faites par MM. Kilian et Robert Douvillé sur le continent espagnol à celles réunies à Majorque par M. Dardes-Pericas et par moi.

D'un bout à l'autre de la chaîne bétique, les phénomènes orogéniques semblent postérieurs au Burdigalien et au « Schlier », et orientés suivant des directions centrifuges par rapport à la dépression méditerranéenne. Ils se sont manifestés sous forme de nappes de charriage dont les racines sont partiellement effondrées.

L'étude des montagnes entre Tarragone et le Montserrat permettra peut-être de préciser les rapports, dans le temps et dans l'espace, de ces éléments tectoniques avec ceux que nous avons mentionnés, M. Charles Jacob et moi, dans les Pyrénées catalanes.

GÉOPHYSIQUE. — *L'hypothèse satellitaire et le problème orogénique.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

L'hypothèse du *rempli de la croûte terrestre par contraction du noyau* se heurte à beaucoup d'objections : Strutt et Joly ont montré qu'avec la même teneur que le granite en matières radioactives sur 20^{km} d'épaisseur la croûte devrait se réchauffer au lieu de se refroidir. Si les montagnes étaient dues à la contraction de la Terre, elles formeraient un réseau uniforme sur toute la surface, et resteraient sans doute sous-marines ne dépassant pas les 3^{km} de hauteur moyenne d'eau des océans.

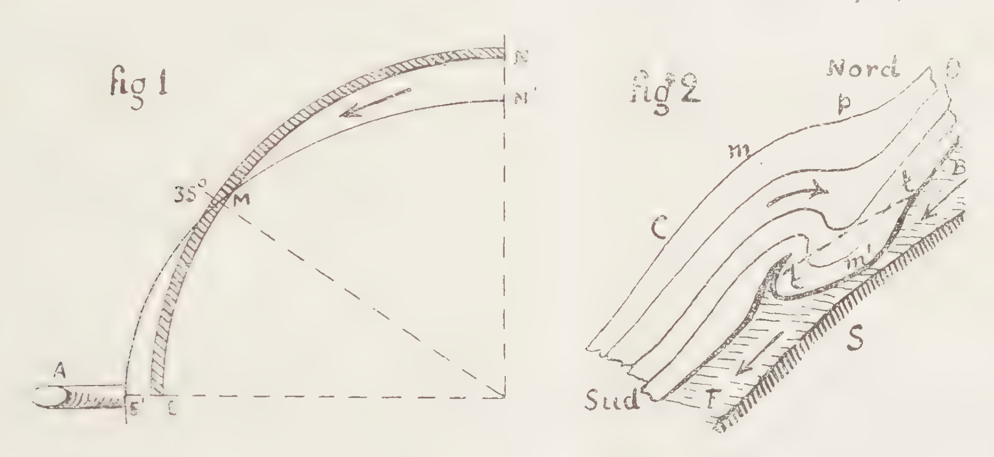
Avec un refroidissement continu il pourrait y avoir *rémittence locale ou régionale* des efforts orogéniques, mais non s'étendant en même temps à toute la Terre comme pendant l'ère secondaire.

L'hypothèse satellitaire échappe à ces objections : elle fait intervenir au cours des âges géologiques *la chute dans la région équatoriale de trois anneaux-satellites de la Terre* révélés par la loi exponentielle aux distances primitives 3,2 — 8,7 — 25 (¹) et dont la précipitation est confirmée par le second terme de la loi des rotations (²). Les petites masses en partie volatiles ou solubles contenues dans ces anneaux ont dû disparaître soit dans les océans, soit par métamorphisme. Les trois anneaux A après s'être approchés lentement de la Terre ont dû y tomber à des moments distincts

(¹) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 564.
(²) *Comptes rendus*, t. 143, 1906, p. 1126.

des périodes géologiques produisant un aplatissement de la Terre par attraction vers l'équateur, puis par accélération de la rotation.

Soient NE (*fig.* 1) le quart du méridien de la Terre supposée sphérique et N′E′ le méridien de l'ellipsoïde actuel de même volume : il coupe en M le méridien NE à la latitude de 35°. NN′ = $14^{km},5$ et EE′ = $7^{km},5$. La



masse NMN′ a dû descendre des régions polaires pour remplir le renflement équatorial EME′. La hauteur moyenne des montagnes dont il s'agit d'expliquer la surrection est seulement de l'ordre de 1^{km}, tandis que les valeurs moyennes NN′ et EE′ appliquées à la seule surface des continents sont au moins 7 fois plus grandes : ainsi notre théorie sera valable même en supposant la Terre primitive non sphérique, et ayant une durée de rotation de 30 heures environ.

Avec les chiffres indiqués plus haut, le quart du méridien devra se contracter de $5^{km},67$ pour passer du cercle à l'ellipse : par contre l'Équateur s'allongera de 45^{km} : d'où tendance après la chute de chaque anneau A à un *rempli suivant les parallèles* et surtout tendance par étirage à la *production de cassures méridiennes* de la croûte, de l'Équateur à la latitude de 35°. Cette cassure se produira de préférence suivant le diamètre méridien du *bouclier continental* que nous avons défini dans une Note précédente (¹), dont le centre est à Petrograd et qui a pour rayon polaire celui de la Terre. Or le méridien de Petrograd est celui du lac Tanganika et la cassure des grands lacs africains se prolonge jusqu'au sillon de la mer Morte à la latitude de 35°. Si grâce à sa rigidité la croûte MN a tendance à descendre tout d'une pièce vers l'Équateur, il y aura vers 35° de latitude une dépression suivant un parallèle : ce sont les méditerranées (Téthys, Mésogée).

(¹) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 951.

Mais comment le magma igné NMN′ s'est-il transporté en EME′? L'isostasie nous montre que jusqu'à 120km de profondeur, d'après Hayford, la croûte est en équilibre hydrostatique comme si elle flottait sur un fluide qui ne peut s'étendre loin de la surface en raison de la rigidité moyenne de la Terre reconnue de l'ordre de celle de l'acier. Ainsi *le magma igné n'a pu descendre du Nord vers l'Équateur qu'en suivant le dessous de la croûte* dans l'asthénosphère de J. Barrell [1]. Le magma igné formera des fleuves en marche vers le Sud, des bassins ayant leurs barrages internes résistants ou rompus, leurs vallées d'érosion à l'envers de la croûte, etc., et le contrecoup de ces actions internes apparaîtra à la surface sous forme de montagnes, d'effondrements, de transgressions marines, etc.

Le magma igné F (*fig.* 2) dont la viscosité est vaincue par le temps coulera du Nord vers l'Équateur comme un liquide contenu entre deux parois rigides, la croûte C et la barysphère S. Les plis *mp* produits par chaque chute d'anneau se succéderont donc dans notre hémisphère du Nord au Sud. Le phénomène capital de cette *tectonique interne* sera la formation de plis sur la face intérieure *m′* de la croûte par entraînement de ses matériaux semi-fluides, d'où étirage avec allongement méridien en *e* et surrection en *m*. La surépaisseur interne *m′* formera barrage pour le magma F qui s'accumulera en amont en B. Deux cas pourront alors se présenter :

1° Rupture locale du barrage : le *magma* F *passe en tunnel tt′* dans une direction normale aux plis, d'où, après écoulement du fluide, *effondrement à la surface avec direction subméridienne* et *ennoyage d'une partie de la chaîne*.

2° Le barrage tout entier cède, mais s'appuyant sur des môles anciens formant culées, *il se cintre vers le Sud* (exemples : l'Himalaya, les arcs de Perse, les guirlandes d'îles de l'Asie dont la convexité est vers le Sud et le Sud-Est).

Un *géosynclinal* se transformera par ce mécanisme en une chaîne montagneuse parce qu'il constitue un puissant barrage de 10km à 20km de saillie interne : un géosynclinal s'étendant dans la direction des parallèles et assez large pour arrêter quelque temps le flux igné aura sa lisière nord déversée vers le Nord et sa lisière sud déversée vers l'Équateur par effondrement de la croûte située plus au Sud.

En résumé, la théorie satellitaire semble rendre compte de la formation

---

[1] *Journal of Geology*, 1914 et 1915 *passim*.

interne des plis orogéniques, du rôle des môles et géosynclinaux dans cette formation, des effondrements, des aires de surrection et d'ennoyage, des plis posthumes, des grands traits des reliefs terrestres, de la teneur relativement élevée de la surface en matières radioactives, enfin de la variation des climats par la chaleur et les poussières apportées à l'atmosphère. Il y a trois zones de plis principaux (calédoniens, hercyniens, alpins) parce que la Terre a eu trois anneaux satellites dont les distances initiales pourraient servir de mesure à la durée des périodes géologiques.

ÉCONOMIE RURALE. — *Sur des procédés culturaux permettant d'augmenter beaucoup la production du blé.* Note de M. **H. Devaux**, présentée par M. Gaston Bonnier.

En présence du déficit général de la production du blé il est nécessaire d'examiner tous les moyens d'intensifier cette production en France.

Les recherches que je poursuis depuis 1915 m'ont amené à reconnaître que cette production pourrait être augmentée d'une manière importante par de simples modifications de culture.

Les observations de tous les expérimentateurs anciens et modernes [1], comme aussi les cultures faites de temps immémorial en Chine, montrent que le blé et les autres céréales ont, pendant la première période de leur développement, une puissance de végétation extraordinaire : *si les conditions de culture favorisent cette végétation*, un seul pied de blé arrive à former des touffes énormes dépassant 50 tiges et 100 tiges : les touffes de 300 épis et 400 épis sont même communes en Mandchourie et le Dr Rey évalue à 150^{hl} à l'hectare la production de grain qu'elles donnent [2].

Mes propres expériences de culture de 1915 et 1916, quoique incomplètes encore, confirment ces données.

Les conditions principales à réaliser pour obtenir une végétation vigoureuse et de belles récoltes du blé sont les suivantes :

1° *La précocité des semailles;* elle donne aux plantes la possibilité de taller fortement avant l'hiver;

---

(1) N. et B. Demtchinsky, *Méthode pour obtenir de forts rendements en céréales*. Paris, Chapelot, 1913.
Dr Émile Rey, *La culture rémunératrice du blé*. Paris, J.-B. Baillère, 1914.

(2) Dr Rey, *loc. cit.*, p. 133.

2° *L'espacement entre les lignes*, afin que ces plantes plus vigoureuses aient chacune plus de lumière et plus de terrain vierge à leur disposition ;

3° *Des buttages répétés* (2 ou 3); ils provoquent une rapide multiplication de nouvelles racines et de nouvelles tiges ;

4° *Le repiquage des plants* les plus beaux à des distances pouvant aller jusqu'à 40^{cm}. Il amplifie beaucoup l'effet du buttage. Cette dernière opération n'est pas indispensable.

A ces données spéciales nous devons ajouter les soins habituels favorisant toute culture : préparation et entretien du sol, fumure, sarclages, etc.

A l'appui de ces assertions, je citerai les résultats obtenus à ce jour dans mes expériences de culture faites aux environs de Bordeaux.

Dans le terrain dit *du Petit Haut-Brion*, d'une superficie d'environ 1000^{m^2}, que j'ai pu louer grâce à la subvention que l'Académie a bien voulu m'accorder, en 1915, sur les fonds Bonaparte, j'ai mis en culture quatre variétés de blé :

Blé hybride inversable de Vilmorin ;
Blé rouge de Bordeaux ;
Blé du Bon fermier ;
Blé Riéti barbu.

Le sol de ce terrain est une terre pauvre, sablonneuse et caillouteuse. Elle se trouvait en friche jusqu'en avril 1916. Après défrichement, une partie du terrain fut consacrée à des cultures spéciales dont je parlerai ailleurs. Une autre partie, après deux labours et une fumure moyenne, fut divisée en parcelles et ensemencée, le 19 août, avec les quatre variétés de blé précitées.

Le semis, assez clair, fut fait en lignes distantes de 30^{cm}, au fond de rigoles de 12^{cm} de profondeur et autant de largeur, et les grains pressés avec le pied avant le recouvrement.

La terre était humide et la température élevée, aussi la germination fut rapide. Après trois ou quatre semaines, par un simple binage, la terre des ados fut amenée au pied, ce qui opéra un buttage facile et très suffisant des jeunes plants. Ceux-ci prirent aussitôt un développement surprenant. Par un tallage exubérant, la plupart des pieds suffisamment écartés devinrent de véritables touffes comptant 10, 20 et jusqu'à 60 et 70 tiges. Ce magnifique développement se fit surtout en octobre et novembre.

Quand on arrache avec précaution une de ces touffes et qu'on lave les racines pour enlever la terre, on reconnaît assez facilement que la plupart d'entre elles sont produites par un seul grain : le premier entre-nœud,

de 2^{cm} à 3^{cm} de long, se montre alors isolé sous le nœud de tallage. Il s'agit donc bien d'un seul pied. Mais au nœud de tallage, ce pied unique forme une véritable souche de 2^{cm} à 5^{cm} de diamètre.

Il m'a paru intéressant de reconnaître la proportion des pieds, petits, moyens et gros obtenus ainsi par unité de surface. Cet examen a été fait sur le blé de Bordeaux, l'une des variétés qui ont le moins tallé.

6^{m^2} de cette variété ont été arrachés. Ils portaient 177 pieds dont :

	92 pieds petits avec	4,7 tiges en moyenne, soit au total		......	432
	51 pieds moyens avec	11,0 »	»	......	561
	34 pieds gros avec	24,4 »	»	......	694
Total...	177 pieds touffes avec	9,5 »	»	......	1687

C'est une moyenne de 30 touffes environ par mètre carré, avec 261 tiges *dont* 116 *produites par* 6 *grosses touffes*. Si l'on isolait ces 6 grosses touffes pour les butter ensuite, il est certain que chacune deviendrait beaucoup plus grosse encore, arrivant à posséder 50 et 100 tiges.

Mais au lieu d'isoler les touffes on peut aussi les repiquer, et c'est ce que j'ai réalisé dans mon terrain d'essai sur les quatre variétés. La reprise a été parfaite quoique faite en plein hiver, chaque souche ayant donné une abondante production de racines nouvelles et aussi de feuillage.

Nous entrevoyons donc dès maintenant avec une certitude complète la possibilité d'avoir des champs entiers couverts de grosses touffes de blé (repiquées ou venues sur place) et possédant chacune 50, 100 tiges ou plus. A raison de 6 à 10 touffes semblables au mètre carré, c'est une production d'au-moins 500 épis par mètre courant, c'est-à-dire d'au-moins 50 quintaux de blé à l'hectare. C'est à peu près le double d'une belle récolte obtenue par les procédés habituels de culture.

Les récoltes extraordinaires et quasi fabuleuses des Chinois ne sont donc pas une utopie : on peut les réaliser en France, et cette réalisation est même facile, par de simples modifications de la culture habituelle.

ZOOLOGIE. — *Sur le développement larvaire et post-larvaire des Poissons du genre* Mugil. Note de M. **Louis Roule**, présentée par M. Edmond Perrier.

J'ai décrit dernièrement (1915 et 1916) la migration de ponte accomplie, chez plusieurs espèces du genre *Mugil* (*Muges* ou *Mulets*), par les groupements d'individus qui vivent dans les étangs littoraux et qui y font leur croissance. Ces individus, lorsqu'ils arrivent à l'époque de leur maturation sexuelle, quittent les étangs et vont dans les eaux marines, où ils achèvent cette maturation, à côté de ceux qui habitent cette dernière en permanence. La ponte normale a donc lieu en mer. Pourtant, et malgré les nombreuses recherches effectuées depuis une trentaine d'années sur les larves et les alevins des Poissons marins, le développement des espèces du genre *Mugil* se trouve encore peu connu. J'ai pu remédier à ce défaut et rassembler des documents suffisants, pendant les mois de novembre et de décembre derniers, au cours d'un séjour à la station zoologique de Naples, actuellement gérée par une Commission officielle Italienne.

La plupart de ces matériaux se rapportent à *Mugil auratus* Risso, dont j'ai obtenu une série complète, depuis la larve de 7^{mm} jusqu'à l'état parfait. Les autres concernent *M. capito* CV., espèce voisine de *M. auratus*, et *M. chelo* CV. Les auteurs ont décrit et figuré : l'œuf flottant (Raffaele, 1888; Marion, 1890), la larve venant d'éclore (Raffaele et Marion), des larves de 10^{mm} attribuées avec doute à *M. chelo* (Cunningham, 1891; Holt, 1899), enfin un petit alevin de *M. auratus* mesurant 14^{mm} (Holt, 1899). Mes matériaux débutent par les dernières phases larvaires pour continuer par les phases post-larvaires et les alevins.

Une question préliminaire, que je traiterai succinctement, est celle de la date de la ponte. Les sujets que j'ai examinés, et qui ont été pêchés en eau superficielle pendant mon séjour à Naples, différaient entre eux de dimensions, et ces différences, variables d'une pêche à l'autre, ne montraient aucun rapport régulier. Si certains individus en étaient encore à l'état larvaire, d'autres, qui mesuraient 50^{mm} à 60^{mm} de longueur, approchaient de l'état parfait, et d'autres encore se trouvaient à toutes les phases comprises eutre ces deux extrêmes. Malgré les inégalités de crois-

sance que présentent habituellement les alevins d'une même ponte, l'ampleur des dissemblances constatées ici autorise à rapporter ces dernières à de réelles différences d'âge. Si l'on applique à leur cas la règle formulée par Marion (1890), il faudrait accorder aux larves de 7^{mm} une dizaine de jours depuis leur éclosion, et cinq à six mois aux alevins de 50^{mm}-60^{mm}. On devrait en conclure, par suite, que *M. auratus* et *M. capito*, car ce sont ces deux espèces que mes observations concernent surtout, donnent à leur période de ponte une durée fort longue, soit que les individus deviennent sexuellement mûrs à des dates diverses, soit que certaines femelles pondent en plusieurs fois et par intervalles espacés. Il semble, en tout cas, que la période principale, chez la majorité, embrasse la fin de l'été avec la presque totalité de l'automne, et que les autres périodes, du printemps et du début de l'été, soient celles d'individus moins nombreux.

Phases larvaires. — Les larves se font remarquer par leur pigmentation accentuée, qui les rend faciles à apercevoir malgré leur petitesse, si leur agilité les rend difficiles à capturer; leurs nageoires pourtant sont incolores et transparentes. La pigmentation la plus forte, d'un gris foncé presque noir avec reflets nacrés, est celle de la face dorsale et des flancs. Chez la larve de 7^{mm} de longueur totale, la moins avancée de celles que j'ai examinées, la vésicule vitelline est déjà résorbée. Les nageoires pectorales sont amples; par contre, les nageoires pelviennes ne sont représentées que par deux petits rudiments. Le tronc porte une nageoire dorsale primitive privée de rayons, unique, qui commence au-dessus du niveau des pelviennes et s'étend vers l'arrière, en s'élargissant progressivement, pour atteindre la caudale. De même, la nageoire anale primitive, symétrique de la précédente, touche à la caudale par son extrémité postérieure et se raccorde en avant à une volumineuse papille anale. La caudale, allongée et oblongue, montre une disposition héterocercale primitive et contient l'extrémité notocordale, coudée en haut, qui supporte une douzaine de rayons. Chez la larve de 9^{mm}-10^{mm} de longueur totale, dont la phase marque sensiblement la fin des transformations larvaires, les deux nageoires pelviennes sont devenues plus fortes, la nageoire anale s'est raccourcie et munie de rayons, la dorsale s'est dédoublée tout en se raccourcissant et commençant à montrer les bases des rayons définitifs; enfin la caudale a perdu sa structure hétérocercale et sa forme ovalaire pour devenir quadrilatère et symétrique. Dans ces deux phases, les pièces operculaires recouvrent seulement les joues et laissent l'espace jugulaire à découvert.

Phases post-larvaires. — La série de ces phases comporte deux périodes successives : la première, assez courte, caractérisée par l'absence d'écailles ou l'état encore rudimentaire de ces organes; la seconde, par la production et l'extension du revêtement écailleux. La première est celle des jeunes individus dont les dimensions de longueur totale mesurent, ordinairement, de 10^{mm} à 18^{mm}-20^{mm}. La teinte générale devient un peu moins foncée, car les chromatophores, tout en restant larges et nombreux,

s'espacent davantage. Les deux tiers postérieurs du tronc portent, au milieu de chacun des flancs, une large bande longitudinale pigmentée qui rappelle de près, comme Holt (1899; *larve stoligère*) l'a fait remarquer, la bande similaire des *Atherina*. Les nageoires et leurs rayons prennent leur aspect final; seule, la caudale ne montre encore que le début de la forme fourchue. L'espace jugulaire est toujours libre et dégagé des pièces operculaires.

Ensuite, et au cours des phases ultérieures, les écailles apparaissent chez les individus de 18^{mm}-20^{mm} et grandissent rapidement; d'abord inermes, leur groupe de petites épines commence à se montrer chez les alevins d'une trentaine de millimètres. La plupart des chromatophores se rassemblent progressivement en bandes longitudinales parallèles, qui se substituent à la précédente bande médio-latérale, et donnent aux côtés du corps, en tant que pigmentation, leur disposition définitive. D'autre part, les pièces operculaires s'étendent sous la face ventrale de la tête pour restreindre la surface dévolue à l'espace jugulaire et pour lui imprimer son aspect caractéristique. C'est entre 50^{mm} et 60^{mm} de longueur que ces modifications s'achèvent et que l'état parfait se trouve réalisé.

En somme, le développement des Poissons du genre *Mugil* se signale : par la pigmentation précoce et accentuée des larves; par la présence d'une bande médio-latérale qui rappelle temporairement une disposition permanente et caractéristique des *Athérinidés*, famille voisine de celle des *Mugilidés ;* enfin, par la rapidité de l'évolution du squelette appendiculaire, qui contraste avec la lenteur de celle des pièces operculaires dans leur extension.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur la production du phénol par les microbes*. Note [1] de M. **Albert Berthelot**, transmise par M. E. Roux.

En 1911 j'ai exposé les principes d'une méthode permettant d'isoler facilement, parmi les nombreuses espèces microbiennes de la flore intestinale de l'homme ou des animaux, celles qui présentent une affinité spéciale pour les acides aminés [2]. Comme il était aisé de le prévoir, j'ai pu séparer ainsi des bactéries possédant à un très haut degré le pouvoir de

---

[1] Séance du 15 janvier 1917.

[2] Albert Berthelot, *Recherches sur la flore intestinale. Isolement des microbes qui attaquent spécialement les produits ultimes de la digestion des protéiques* (*Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 306).

désaminer, de décarboxyler ou même de désagréger plus violemment encore les molécules aminoïques [1].

Dès mes premières recherches, en employant un milieu électif dans lequel la tyrosine représentait le seul aliment organique, j'ai trouvé un microbe dont les cultures contenaient une proportion de phénol qui n'avait jamais été observée.

En effet les plus grands producteurs de phénol étudiés par des bactériologistes ne donnaient pas 30^{mg} de phénol par litre d'eau peptonée, tandis que mes dosages, dans les mêmes conditions d'expérience, indiquaient une teneur de 278^{mg}; ce chiffre s'élevait même à près de 800^{mg} pour les cultures en milieu d'isolement.

Depuis, avec la collaboration de mon regretté collègue D. Bertrand, j'ai isolé sept fois ce même microbe dans les matières fécales de sujets présentant des troubles intestinaux chroniques.

Une étude trop sommaire le ferait sans doute classer parmi les para-coli ou les coliformes, mais il possède des propriétés assez différenciées pour qu'on puisse le considérer comme une espèce distincte que je propose de nommer *Bacillus phenologenes*. Je ne donnerai pas ici sa description détaillée, car elle sera prochainement publiée dans un autre Recueil; toutefois, il me semble utile de faire remarquer que je n'ai déterminé ses caractères principaux qu'en 1914, après l'avoir repiquée tous les trois mois, pendant trois ans, dans la gélose peptonée. Cette précaution était nécessaire, car les auteurs qui ont étudié les bactéries phénologènes ont en général examiné des races accoutumées depuis longtemps aux milieux de culture usuels. Elle m'a d'ailleurs permis de constater que la grande activité biochimique du *B. phenologenes* persistait en dehors du milieu intestinal; en effet, après trois ans, le pouvoir phénologène ne s'était abaissé que des deux cinquièmes et il m'a suffi de pratiquer quelques passages en milieu électif tyrosiné pour le ramener à ce qu'il était primitivement.

C'est avec la tyrosine lévogyre naturelle que le *B. phenologenes* produit le plus de phénol, mais il en donne aussi aux dépens de la tyrosine racémique, de la glycyl-*l*-tyrosine ou des peptones pancréatiques de viande. Cultivé

---

[1] Albert Berthelot et Dominique Bertrand, *Isolement d'un microbe capable de produire de l'imidazoléthylamine aux dépens de l'histidine* (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1643). Voir également t. 154, 1912, p. 1826, mais ajouter (ligne 10, en remontant) : + *glucose* à la liste des trois sels azotés.

dans un milieu contenant à la fois tous les produits de la digestion tryptique et éreptique des protéiques de la viande, du pancréas et de la muqueuse intestinale, les diastases pancréatiques et intestinales, ainsi que des albumines coagulables par la chaleur, le *B. phenologenes* donne une quantité de phénol qui est encore les $\frac{40}{100}$ de celle qu'il fournit lorsque la tyrosine est son seul aliment organique. Dans ce milieu spécial la présence de bile (1 pour 100) et de microbes, comme le *B. coli*, le *Proteus* ou le *B. aminophilus*, ne diminue pas sensiblement la production de phénol; mais, quel que soit le milieu, ce corps ne se forme pas en présence de glucose.

Le *B. phenologenes* est un anaérobie facultatif, on peut donc le cultiver dans des milieux presque complètement privés d'air, mais même dans ces conditions il ne semble produire que du phénol; s'il se forme du para-crésol ce ne peut être qu'en très faible proportion puisque je n'ai pu le caractériser dans le distillat de 10^l de culture en solution de tyrosine. Les cultures aérées, en milieu tyrosiné d'isolement, prennent en quelques jours une teinte rose qui fonce peu à peu vers le rouge groseille et qui est due vraisemblablement à la formation de phénoquinone, car la substance colorante possède le même spectre d'absorption que ce produit d'oxydation du phénol. Enfin, j'ai observé que le *B. phenologenes* est très résistant à l'action antiseptique du phénol; il faut en effet ajouter $6^g,8$ de ce corps à du bouillon peptoné pour empêcher le développement du microbe. Le bouillon phéniqué à 6,5 pour 1000 permet encore d'obtenir de chétives cultures. Dans les analyses bactériologiques d'eau par le procédé de Péré ou ses dérivés, on peut donc éventuellement isoler le *B. phenologenes* à côté du *B. coli*; la confusion serait d'ailleurs de faible importance, les deux microbes témoignant également d'une souillure fécale.

En résumé, on peut éventuellement rencontrer dans la flore intestinale de l'homme un microbe qui est capable de produire, dans de médiocres conditions de milieu, environ dix fois plus de phénol que les espèces phénologènes connues pour les plus actives. Lorsque la tyrosine est son seul aliment organique et à condition que la composition du liquide nutritif soit convenablement choisie il peut donner, en quinze jours à 37°, 800^{mg} de phénol par litre, soit un rendement atteignant environ 80 pour 100

---

(1) Elie Metchnikoff, *Poisons intestinaux et scléroses* (*Ann. de l'Institut Pasteur*, t. 24, octobre 1910, p. 757).

de la quantité théorique que fournirait la dislocation totale des 2^g de tyrosine employés pour la préparation d'un litre de milieu.

Lorsqu'en 1910, E. Metchnikoff montra l'action sclérosante des petites quantités de phénol et de *p*-crésol que la putréfaction intestinale envoie sans cesse dans notre circulation, il pensait bien qu'on trouverait de puissants producteurs de poisons parmi les microbes de notre tube digestif et que leur découverte rendrait encore plus évident le rôle néfaste de l'auto-intoxication intestinale. L'isolement du *Bacillus phenologenes* est une nouvelle preuve de la justesse de ses prévisions.

Enfin il ne me paraît pas inutile de rappeler que les bactériologistes et les biochimistes allemands ont avancé à maintes reprises, les uns que la production du phénol dans les cultures pures serait toujours très faible, les autres qu'il était impossible de bien étudier la destruction microbienne des acides aminés autrement qu'avec des cultures mixtes. En isolant le *Bacillus phenologenes*, avec la même méthode qui m'a permis de trouver le *Bacillus aminophilus*, je crois avoir suffisamment montré l'étendue de leur erreur.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la casse blanche des vins.*
Note de M. **Fonzes-Diacon**, présentée par M. Ch. Moureu.

Dans une étude sur les casses des vins (¹) Bouffard signale une casse blanche caractérisée par un trouble laiteux, opalescent, se transformant en un dépôt blanchâtre. Cette casse serait la conséquence d'une oxydation par l'air et se produirait malgré le chauffage, l'acide sulfureux et même l'acide tartrique; la couleur du vin n'y prendrait pas part.

D'après cet auteur, le dépôt, formé de matières oxydées, paraît renfermer de la chaux, peut-être du fer. L'acide citrique seul empêche sa production.

Ayant eu à examiner un vin blanc fortement atteint d'une semblable casse, j'ai pu déterminer la composition du dépôt obtenu par l'action d'un courant d'air prolongé.

Ce dépôt blanchâtre qui, après dessiccation, est blanc grisâtre, renferme de la matière organique et des éléments minéraux; la chaux y figure en

---

(¹) Coulet, éditeur, 1902, Montpellier.

très petite quantité, la proportion de fer y est plus élevée, et celui-ci est combiné à de l'acide phosphorique dans le rapport du phosphate ferrique basique $(P^2O^5)^2Fe^2O^3$, dont Moissan signale la solubilité dans l'acide citrique.

Cette casse ne se produit que lorsque l'acide sulfureux, existant dans tout vin blanc, est oxydé; le milieu n'étant plus réducteur, l'air agit sur le composé ferreux existant dans ce vin et le précipite sous forme de phosphate ferrique basique combiné à de la chaux et de la matière organique.

La chaux est indispensable à la formation de cette casse, car, si on la précipite en totalité ou en grande partie, le vin ne casse plus à l'air; mais la proportion de chaux que renferment naturellement les vins blancs est toujours suffisante pour qu'elle puisse se produire.

Le fer et l'acide phosphorique en excès sont également indispensables, car on peut faire naître cette casse dans un vin blanc sain en l'additionnant de petites quantités de sulfate ferreux et de phosphate ammonique, puis provoquant l'oxydation par aspiration d'air ou par l'eau oxygénée.

L'emploi des solutions sulfureuses de phosphate ammonique, utilisées à l'heure actuelle en vinification pour remplacer le métabisulfite de potassium, paraît être une des causes les plus importantes de cette casse, qui se produit surtout dans les vins vinifiés en blanc, le matériel nécessaire à cette vinification mettant les moûts en contact avec une grande masse de fer.

L'étude plus approfondie de cette casse est poursuivie dans mon laboratoire.

MÉDECINE. — *Sur le pied de tranchée* (*gelure des pieds*). Note de MM. **Victor Raymond** et **Jacques Parisot**, présentée par M. Laveran.

Les premiers mois d'automne et d'hiver 1916 nous ont permis de vérifier et de compléter les notions que nous avons acquises sur le *pied de tranchée* (gelure des pieds) et que nous avons exposées l'an dernier.

1° L'étiologie a été conforme à celle que nous avions indiquée. Tous nos malades provenaient de tranchées inondées et avaient séjourné plus ou moins longtemps dans l'eau remontant au-dessus du genou. Dans les secteurs secs avoisinants, il n'y a eu aucun cas de pied de tranchée dans les mêmes conditions de température.

2° Nous avons eu l'occasion de voir un nombre considérable d'Arabes et surtout de noirs; chez eux, l'affection offre un caractère de gravité tout particulier que nous n'avons observé que rarement chez le blanc. En même temps que des lésions locales des pieds consistant en gros œdème, eschares et gangrène plus ou moins étendue, nombre de ces indigènes ont présenté une affection générale revêtant les allures cliniques d'une septicémie : fièvre élevée avec clochers thermiques, adynamie, parfois véritable *tuphos* et même collapsus; langue rôtie, diarrhée fétide, épistaxis. Ces symptômes peuvent s'amender ou bien donner des lésions organiques : néphrite (albuminurie abondante pouvant aller jusqu'à 4^{g}); congestion pulmonaire et broncho-pneumonie, ictère grave.

Il s'agit là d'une maladie grave, pouvant entraîner la mort. Deux de nos malades ont en effet succombé et l'autopsie nous a montré :

1° L'absence de lésions intestinales ou éberthiennes quelconques;

2° La présence de lésions viscérales : gros foie avec nodules blanchâtres et périhépatite, grosse rate avec périsplénite, broncho-pneumonie en îlots avec piqueté hémorrhagique généralisé du poumon, gros reins;

3° Dans un de ces cas, les parenchymes viscéraux contenaient, en nombre considérable, des filaments mycéliens très facilement visibles sur les frottis et les coupes histologiques.

La bile du premier de ces malades, inoculée aseptiquement sous la peau du ventre du lapin, a produit, en 12 heures, une grosse phlyctène qui a fait rapidement place à une eschare noire. La bile du second malade, injectée dans les mêmes conditions, a entraîné très rapidement la production d'une phlyctène qui commençait à s'escharifier au troisième jour, quand l'animal a succombé (des expériences de contrôle nous ont montré l'innocuité des injections de bile normale).

Des hémocultures faites sur milieux appropriés nous ont montré, d'autre part, la présence de germes mycéliens dans le sang cinq fois pour dix cas graves.

Nous avons enfin retrouvé, comme dans nos précédentes recherches, des parasites mycéliens dans les lésions locales de ces malades.

Les frottis épais faits avec les parties putrilagineuses des pieds au moment de l'élimination des zones nécrosées (c'est-à-dire vers la sixième ou huitième semaine) sont particulièrement riches en amas mycéliens avec filaments et spores extrêmement nets.

Parmi les nombreux Européens que nous avons également traités, l'affection a toujours été arrêtée par le traitement à ses premiers stades et nous n'avons pas eu de formes d'une pareille gravité, tant générale que locale. Il faut signaler cependant que dès que ces malades ont des phlyctènes assez étendues, avec ou sans eschares, il y a toujours une élévation de température. Cette élévation se retrouve même parfois dans les cas d'œdème volumineux sans lésions tégumentaires.

Ces faits constituent tout autant de nouvelles preuves de la nature infectieuse et mycélienne du *pied de tranchée*.

A côté des germes que nous avons déjà trouvés ehez l'Européen : *Scopulariopsis Könīgii* et *Sterigmatocystis versicolor*, nous avons décelé chez les noirs d'autres espèces dont l'identification est en cours, en particulier des *Mucor*.

D'autre part, le *Penicillium glaucum* est extrêmement fréquent aussi bien chez les blancs que chez les indigènes. Des expériences nous ont montré que, lorsqu'on inocule ce germe aux animaux, il ne produit habituellement pas de lésions. Si, au contraire, on l'inocule à l'une des pattes postérieures d'un lapin et que l'on maintienne les deux pattes postérieures de l'animal dans l'eau pendant un temps assez long, on obtient un œdème gélatineux et parfois une eschare au point d'inoculation, la patte non inoculée ne réagissant pas.

Cette pluralité de germes nous confirme dans la notion que nous avions laissé entrevoir dans notre première Note, que l'agent mycélien est multiple.

Si nous cherchons une comparaison dans la pathologie pulmonaire, nous comparerons le pied de tranchée, non pas à la pneumonie, affection spécifique due au pneumocoque, mais aux broncho-pneumonies que peuvent engendrer les agents microbiens les plus divers.

Ce qui fait la caractéristique de la maladie est, non l'espèce de l'agent infectant, mais la modalité de l'infection. Les conditions de la guerre de tranchée ont réalisé la célèbre expérience de la poule refroidie de Pasteur. C'est la stagnation dans l'eau froide, condition indispensable, qui permet aux germes mycéliens du sol, répandus à la surface du pied, dans la profondeur des glandes sébacées, au niveau des petites excoriations produites par les chaussures, dans les onychomycomes, de franchir la barrière épidermique, de pénétrer dans l'intérieur des tissus et, d'ectoparasites ou simples saprophytes, de devenir des endoparasites pathogènes.

Dans la vie normale, ces conditions ne sont presque jamais réalisées, du moins sous nos climats. Ainsi s'explique que l'on n'ait, pour ainsi dire, jamais eu à s'occuper de l'infection de l'organisme par ce processus, alors que la pénétration des germes au niveau du naso-pharynx et de l'intestin est journellement incriminée dans un grand nombre de maladies.

Les méthodes thérapeutiques que nous avons déjà décrites et qui découlent de la notion de l'infection mycosique nous ont d'ailleurs permis d'arrêter l'affection chez tous les Européens traités et de la limiter chez les indigènes.

A 16 heures trois quarts l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 26 décembre 1916.)

Note de M. *S. Mangeot*, Sur une construction de la sphère osculatrice, etc. :

Page 973, ligne 20, *au lieu de* $\overline{O\omega}$, *lire* $\overline{O\omega}^2$.
Même page, ligne 25, *au lieu de* $Oa_2 \times Oa_2$, *lire* $Oa_1 \times Oa_2$.